U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

APLICAÇÕES MODERNAS DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB) NA CONSTRUÇÃO

VITOR EMANUEL CALDEIRA NETO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria

JULHO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À memória da minha avó Zé

“A man's best friends are his ten fingers”

Robert Collyer

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor José Amorim Faria pela sua total disponibilidade, paciência e incentivo, o meu muito obrigado.

Agradeço ao Engenheiro Luís Gil do LNEG, a sua disponibilidade e partilha de conhecimentos que se tornaram fundamentais na elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os profissionais das empresas contactadas a atenção dispensada e toda a informação disponibilizada, em especial ao Sr. José Manuel Andrade, da Amorim Isolamentos SA, ao Sr. José Paulo Porfírio, da ISOCOR, ao Sr. Jorge Pereira, da Barbot e ao Engenheiro Miguel Morais Sarmento, do Grupo A Alves Ribeiro SA.

Ao Doutor João Tomás, dono do Hotel Casa das Penhas Douradas, pela boa receção aquando da visita e por todo o conforto que me foi prestado em consequência do acidente a que fui sujeito.

À minha mulher e ao meu filho por todo o amor e carinho que me deram e que foi a força para terminar esta etapa.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e acreditaram em todas as decisões que tomei na vida e por todo o amor e transmissão de valores que me moldaram na pessoa que sou hoje.

Aos meus sobrinhos pela ausência a que foram sujeitos.

RESUMO

Os sistemas de revestimento térmico pelo exterior têm conquistado o mercado devido às propriedades de isolamento térmico que exibem e que permitem a regulação da temperatura interior dos edifícios e uma consequente poupança energética. A sua aplicação também se traduz no aligeiramento da construção. A sua durabilidade e eficiência são elevadas desde que sejam cumpridas as exigências regulamentares de fabrico e adequada aplicação.

No caso dos ETICS (Sistemas compósito de Isolamento Térmico pelo Exterior) com a variante de isolamento térmico ICB (aglomerado de cortiça expandida), para além de um bom desempenho global, são as caraterísticas ecológicas as que mais se destacam de entre as suas propriedades. O ICB é um material obtido a partir de um recurso natural renovável (cortiça de sobreiro) e inclui apenas o vapor de água (processo não poluente) no seu fabrico. A matéria-prima utilizada é a *falca*, parte da cortiça anteriormente considerada resíduo. A sua fácil manutenção, a durabilidade e a possibilidade de total reciclagem no final do período de vida de um edifício acentuam esta faceta ecológica.

Portugal tem marcado a sua presença em eventos internacionais com pavilhões que apresentam a solução original de aplicação do ICB como revestimento exterior, o que tem conferido a estes edifícios um *design* particular tanto pelo material em si, como pelas diversas possibilidades arquitetónicas que este permite, uma vez que é de fácil trabalhabilidade. Estas construções têm inspirado o surgimento de novas edificações.

PALAVRAS-CHAVE:

ETICS / ICB / Cortiça / Isolamento térmico / Revestimento exterior de fachadas / Desenvolvimento sustentável

ABSTRACT

External thermal systems have gained the market due to thermal insulation properties that display and allow regulation of the indoor temperature and consequent energy saving. Its application also translates into the relief of construction. The durability and efficiency are high if is compliance with the regulatory requirements for preparation and appropriate application.

ETICS (External Thermal Insulation Composite System) with variant insulation ICB, in addition to good performance as regards the thermal lag, the ecological characteristics are those which stand out from its properties. ICB (Insulation cork board) is a material obtained from a renewable raw material (cork oak) that requires only water vapor (non-polluting process) in their manufacture. The raw material used is the *falca*, part of the cork previously regarded as waste. Its easy maintenance, durability and possibility of complete recycling at the end of the total lifetime of a building increase that facet of ecological brand.

Portugal has marked its presence in international events with pavilions showing the ICB as exterior cladding, which has given these buildings a particular design both as the material itself, as the various architectural possibilities that it allows, since this has an easy workability. These constructions have inspired the creation of new buildings.

KEYWORDS:

ETICS / ICB / Cork / Thermal insulation / cladding (outer coating façades) / Sustainable development

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT v
ÍNDICE GERAL vii
CRÉDITOS DE FIGURAS xiii
ÍNDICE DE QUADROS xvii
ABREVIATURAS xix

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. EVOLUÇÃO DAS FACHADAS EM PORTUGAL 1
1.2. OBJETO, ÂMBITO E OBJETIVOS 3
1.3. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO 4
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 5

2. A CORTIÇA E O AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA 7
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DA CORTIÇA NO MUNDO ANTIGO 7
2.2. A CORTIÇA EM PORTUGAL 8
2.3. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA CORTIÇA 11
2.4. AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA 13
2.5. FABRICO DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB) 13
2.5.1. ESQUEMA DO FABRICO DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB) 17
2.6. NORMALIZAÇÃO E REQUISITOS DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL 17
2.7. OUTRAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA 19
2.7.1. ATRASO TÉRMICO NA TRANSMISSÃO DE CALOR 19
2.7.2 DURABILIDADE DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA 22
2.7.3. UM MATERIAL 100% ECOLÓGICO E SUSTENTÁVEL 24

3. COMPÓSITO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR 25
3.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS ETICS 25
3.2. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA 26
3.2.1. SUPORTE 26

3.2.2. MATERIAIS 26
3.2.2.1. Produto de colagem 26
3.2.2.2. Isolamento Térmico 27
3.2.2.3. Armaduras 29
3.2.2.4. Produto da camada de base 30
3.2.2.5. Primário de fixação do revestimento final 30
3.2.2.6. Revestimento final 31
3.2.2.7. Fixação mecânica do isolamento 31
3.2.2.8. Acessórios 34
3.2.3. EXECUÇÃO DOS TRABALHOS 36
3.2.3.1. Análise e preparação do suporte 36
3.2.3.2. Condições de aplicação do sistema 36
3.2.3.3. Montagem dos perfis de arranque e laterais 36
3.2.3.4. Aplicação do produto de colagem 38
3.2.3.5. Aplicação do isolamento 39
3.2.3.6. Reforço dos pontos singulares 39
3.2.3.7. Aplicação da fixação mecânica 40
3.2.3.8.Aplicação da camada de base armada 42
3.2.3.9. Aplicação da camada de primário 43
3.2.3.10.Aplicação da camada de acabamento 43
3.2.3.11. Representação esquemática de um ETICS ICB 43
3.2.4. PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA 44
3.3. PATOLOGIAS 48
3.3.1. ASPETOS GERAIS 48
3.3.2. UM CASO DE ESTUDO RECENTE REALIZADO EM PORTUGAL 48
3.3.3. CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS ANOMALIAS EXISTENTES NOS ETICS EM GERAL 50
3.3.3.1. Sujidade diferencial / escorrências 50
3.3.3.2. Fissuração 51
3.3.3.3. Colonização biológica 51
3.3.3.4. Mossas e lacunas 52
3.3.3.5. Manchas e irregularidades 52
3.3.3.6. Destacamento do acabamento 53
3.3.3.7. Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço 54
3.4. MANUTENÇÃO E REPARAÇÃO 54

3.4.1. ASPETOS GERAIS 54
3.4.2. MANUTENÇÃO 54
3.4.2.1. Limpeza da fachada por lavagem 54
3.4.2.2.Eliminação de algas e fungos 54
3.4.2.3. Renovação do revestimento de pintura 55
3.4.3. REPARAÇÃO 55
3.4.4. DADOS ESTATISTICOS IDADE VS ANOMALIAS DE UM ETICS EM PORTUGAL 56
3.5. MARCAÇÃO CE DE PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO – NOÇÕES GERAIS 56
3.5.1. LEGISLAÇÃO EUROPEIA FUNDAMENTAL 56
3.5.2. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DO DESEMPENHO 57
3.5.3. REGRAS E ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO PARA A CONCESSÃO DE UMA ETA 59
3.6. REQUISITOS BÁSICOS DE UM ETICS DE ICB 66
3.6.1. RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESTABILIDADE 66
3.6.2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO 66
3.6.3. HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE 67
3.6.4. SEGURANÇA E ACESSIBILIDADE NA UTILIZAÇÃO 67
3.6.5. PROTEÇÃO CONTRA O RUÍDO 68
3.6.6. ECONOMIA DE ENERGIA E ISOLAMENTO TÉRMICO 68
3.6.7.UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS NATURAIS 68
3.7. ENSAIOS AO SISTEMA DE ACORDO COM A ETAG 004 69
3.7.1. DESCRIÇÃO GERAL DOS ENSAIOS APLICÁVEIS A QUALQUER SISTEMA 69
3.7.2. CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE ENSAIOS REALIZADOS COM A VARIANTE ISOLAMENTO TÉRMICO ICB 71
3.8. MERCADO DE SISTEMAS ETICS COM ICB EM PORTUGAL 72
3.8.1. ASPETOS GERAIS 72
3.8.2. BARBOTHERM CORK – BARBOT 73
3.8.3. SUBERLYME ECO-ETICS 74
3.8.4. WEBER THERM NATURA - WEBER 74
3.8.5. SISTEMAS DE ETICS COM ICB COM APROVAÇÃO TÉCNICA EUROPEIA (ETA) 75

4. AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA EM REVESTIMENTO DE FACHADAS (ICB) 77

4.1. AS PRIMEIRAS APLICAÇÕES DA CORTIÇA EM PAREDES EM PORTUGAL 77
4.2. O INÍCIO DE UMA NOVA APLICAÇÃO EM REVESTIMENTO DE FACHADAS 79
4.3. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA 80

4.3.1. SUPORTE 80
4.3.2.MATERIAIS 81
4.3.2.1. Produto de colagem 81
4.3.2.2. Fixação mecânica do revestimento 82
4.3.2.3. Aglomerado de cortiça expandida (ICB) 82
4.3.3. EXECUÇÃO DOS TRABALHOS 84
4.3.3.1. Análise e preparação do suporte 84
4.3.3.2. Condições de aplicação do sistema 85
4.3.3.3. Fixação das placas de ICB ao suporte 85
4.3.3.3.1. Fixação por colagem 85
4.3.3.3.2. Fixação mecânica 86
4.3.4. ANÁLISE DE UMA ESPESSURA EXTRA DA CAMADA DE REVESTIMENTO PARA RESISTIR ÀS SOLICITAÇÕES AMBIENTAIS 88
4.4. MARCAÇÃO CE DO ICB PARA FACHADAS 89
4.4.1. REQUISITOS BÁSICOS DE UM REVESTIMENTO DE FACHADA COM ICB 89
4.4.1.1. Resistência mecânica e estabilidade 89
4.4.1.2. Segurança contra incêndio 89
4.4.1.3. Higiene, saúde e ambiente 89
4.4.1.4. Segurança e acessibilidade na utilização 90
4.4.1.5. Proteção contra o ruído 90
4.4.1.6. Economia de energia e isolamento térmico 90
4.4.1.7. Utilização sustentável dos recursos naturais 91

5. APLICAÇÕES DE ICB COMO REVESTIMENTO DE FACHADAS – ESTUDO DE CASOS 93
5.1. INTRODUÇÃO 93
5.2. PAVILHÃO CENTRO DE PORTUGAL, UMA REFERÊNCIA 93
5.2.1. O PAVILHÃO COMO LABORATÓRIO 93
5.2.2. SOLUÇÃO CONSTRUTIVA NO PAVILHÃO CENTRO DE PORTUGAL 94
5.2.3. CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DO REVESTIMENTO (ICB) DO PAVILHÃO CENTRO DE PORTUGAL E PROPOSTA DE MANUTENÇÃO 95
5.2.3.1. Caracterização do clima Conimbricense na última década 95
5.2.3.2. Caracterização do estado das fachadas e sua manutenção 96
5.2.3.2.1. Fachada norte 96
5.2.3.2.2. Manutenção da fachada norte 98

5.2.3.2.3. Fachada este 99
5.2.3.2.4. Manutenção da fachada este 101
5.2.3.2.5. Fachadas sul e oeste 101
5.2.3.2.6. Manutenção das fachadas sul e oeste 103
5.3. SOLUÇÃO CONSTRUTIVA NO HOTEL CASA DAS PENHAS DOURADAS 103
5.3.1. ASPETOS GERAIS 103
5.3.2. O CLIMA DAS PENHAS DOURADAS 103
5.3.3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA EM SERVIÇO 104
5.4. EDIFÍCIOS CONTEMPORÂNEOS 108
5.4.1. CASA CORK - ESPOSENDE 108
5.4.2. QUINTA DO PORTAL - SABROSA 109
5.4.3. ECO – CABANA - CASCAIS 110
5.4.4. ADEGA LOGOWINES – SÃO MIGUEL DE MACHEDE 111
5.4.5. COLÉGIO PEDRO ARRUPE - LISBOA 112
5.4.6. HABITAÇÃO FAMILIAR – BRETANHA, FRANÇA 113
5.4.7. PAVILHÃO DE PORTUGAL – EXPO 2010 XANGAI 114

6. CONCLUSÃO 117

7. BIBLIOGRAFIA 121
7.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 121
7.2. OUTRA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 123
7.3. SITES CONSULTADOS 124

CRÉDITOS DE FIGURAS

Fig. 1.1. © Freitas, 2002 1

Fig. 2.1. © www.panda.org 7

Fig. 2.2. © Fortes, Rosa, Pereira, 2004 10

Fig. 2.3. http://www.apcor.pt/userfiles/File/Estatisticas%20Sector%20da%20Cortica%202009.pdf, ... 10

Fig. 2.4. © Gil, 2009 12

Fig. 2.5. © www.sofalca.pt 14

Fig. 2.6. © http://youtu.be/gzpJ19b8OhQ 15

Fig. 2.7. © Fortes, Rosa, Pereira, 2004 16

Fig. 2.8. © Gil in APCOR "Manual Técnico" 17

Fig. 2.9. © Simões I., Simões N., Tadeu A., Estudo Comparativo do Atraso Térmico de "Isolamento Térmico", Revista "Materiais de Construção" (adaptado) 19

Fig. 2.10. © Simões I., Simões N., Tadeu A., Estudo Comparativo do Atraso Térmico de "Isolamento Térmico", Revista "Materiais de Construção" (adaptado) 20

Fig. 2.11. © Simões I., Simões N., Tadeu A., Estudo Comparativo do Atraso Térmico de "Isolamento Térmico", Revista "Materiais de Construção" 20

Fig. 2.12. © Simões I., Simões N., Tadeu A., Estudo Comparativo do Atraso Térmico de "Isolamento Térmico", Revista "Materiais de Construção" 21

Fig. 2.13. © Simões I., Simões N., Tadeu A., Estudo Comparativo do Atraso Térmico de "Isolamento Térmico", Revista "Materiais de Construção" (adaptado) 22

Fig. 2.14. © www.amorim.pt 23

Fig. 3.1. © www.roefix.com , www.weber.com.pt , www.fassabortolo.pt (adaptado) 27

Fig. 3.2. © www.amorim.pt 29

Fig. 3.3. © www.lena.pt 29

Fig. 3.4. © www.roefix.com , www.weber.com.pt , www.fassabortolo.pt 30

Fig. 3.5. © www.roefix.com , www.weber.com.pt , www.fassabortolo.pt 30

Fig. 3.6. © www.roefix.com , www.weber.com.pt , www.fassabortolo.pt 31

Fig. 3.7. © www.ejot.com 32

Fig. 3.8. © www.ejot.com 32

Fig. 3.9. © www.ejot.com 33

Fig. 3.10. © ETAG 014. 34

Fig. 3.11. © www.ejot.com 34

Fig 3.12. © www.weber.com.pt (adaptado) 35

Fig. 3.13. © www.fassabortolo.pt (adaptado). 37
Fig. 3.14. © www.lena.pt 37
Fig. 3.15. © Freitas, 2002 37
Fig. 3.16. © Mendão J. (2011) (adaptado) 38
Fig. 3.17. © www.suberlyme.com 39
Fig. 3.18. © www.barbot.pt 40
Fig. 3.19. © www.ejot.com 41
Fig. 3.20. © www.ejot.com 41
Fig. 3.21. © www.suberlyme.com (adaptado). 43
Fig. 3.22. © www.weber.com.pt 44
Fig. 3.23. © www.weber.com.pt 45
Fig. 3.24. © www.weber.com.pt 45
Fig. 3.25. © www.weber.com.pt 46
Fig. 3.26. © www.weber.com.pt 46
Fig. 3.27. © www.weber.com.pt 47
Fig. 3.28. © www.weber.com.pt 47
Fig. 3.29. © www.weber.com.pt 48
Fig. 3.30. – Ladeira J., Flores-Colen I., Silva C., 2011 49
Fig. 3.31. © http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf, Ladeira J., Flores-Colen I., Silva C., 2011 50
Fig. 3.32. ©http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf , http://www.patorreb.com , ... 51
Fig. 3.33. © Teixeira J, 2010 http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf , http://www.patorreb.com 52
Fig. 3.34. © Ladeira J., Flores-Colen I., Silva C., 2011, http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf 52
Fig 3.35. © http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf 53
Fig. 3.36. © http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf 53
Fig. 3.37. © http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf 54
Fig 3.38. © http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf 56
Fig. 3.39. © http://www.lnec.pt/qpe/dh/RELATORIO_ETICS_DEZ_2010.pdf 60
Fig. 3.40. © http://www.lnec.pt/qpe/dh/RELATORIO_ETICS_DEZ_2010.pdf 61
Fig. 3.41. © http://www.lnec.pt/qpe/dh/RELATORIO_ETICS_DEZ_2010.pdf 62
Fig. 3.42. © http://www.lnec.pt/qpe/dh/RELATORIO_ETICS_DEZ_2010.pdf 63
Fig. 3.43. © http://www.lnec.pt/qpe/dh/RELATORIO_ETICS_DEZ_2010.pdf. 64

Fig. 3.44. © http://www.lnec.pt/qpe/dh/RELATORIO_ETICS_DEZ_2010.pdf 65

Fig 3.45. © http://ebookbrowse.com/eta-rofix-w50-eps-it-pdf-d297516823 76

Fig. 4.1. © Silva J., Vale C. 2009 78

Fig. 4.2. © http://amigosdobotanico.blogspot.pt/2012/05/visita-da-lajb-ao-chalet-da-condessa.html 78

Fig. 4.3. © Neto V, 2012 80

Fig. 4.4. © http://www.kerakoll.com, www.mapei.pt 81

Fig. 4.5. © www.isocor.pt , Neto V, 2012 83

Fig. 4.6. © Neto V, 2012 85

Fig. 4.7. © http://tregor-maison-passive.over-blog.com/album-1816950.html 87

Fig. 4.8. © José Manuel Andrade (Amorim Isolamentos SA) 87

Fig. 5.1. ©. http://naturlink.sapo.pt/Noticias/Noticias/content/Portugal-na-Exposicao-Universal-de-Hannover?viewall=true&print=true (adaptado) 94

Fig. 5.2. © http://tallerarquitecturalenguaje2-2011.blogspot.pt/2011/11/pabellon-de-portugal-expo-2000-hannover.html 94

Fig. 5.3. © http://tallerarquitecturalenguaje2-2011.blogspot.pt/2011/11/pabellon-de-portugal-expo-2000-hannover.html 95

Fig. 5.4. © https://maps.google.com/maps?hl=pt-PT (adaptado) 96

Fig. 5.5. © Neto V, 2012 97

Fig. 5.6. © Neto V, 2012 98

Fig. 5.7. © Neto V, 2012 100

Fig. 5.8. © Neto V, 2012 100

Fig. 5.9. © Neto V, 2012 102

Fig. 5.10. © Neto V, 2012 102

Fig. 5.11. © Neto V, 2012 104

Fig. 5.12. © Neto V, 2012 105

Fig. 5.13. © Neto V, 2012 106

Fig. 5.14. © Neto V, 2012 107

Fig. 5.15. © http://www.arquitectosanonimos.com/#CORK-HOUSE 108

Fig. 5.16. © http://akademia.comunicamos.org/cultura/quinta-do-portal-da-premio-a-siza-vieira/ 109

Fig. 5.17. © http://www.inesdorey.com/index.php?/comissions/douro-industrial/ 110

Fig. 5.18. © http://www.barbiniarquitectos.com/equipamentos_06.html 110

Fig. 5.19. © http://www.archdaily.com.br/45002/adega-logowines-leonor-duarte-ferreira-miguel-passos-de-almeida-pmc-arquitectos/ 111

Fig. 5.20. © Sarmento M. (Grupo Alves Ribeiro SA) 112

Fig. 5.21. © http://tregor-maison-passive.over-blog.com/album-1816950.html 113

Fig. 5.22. © http://marca-me.blogspot.pt/2010/10/xangai-2010-portugal-pavillion.html 114

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1. – APCOR “Cortiça como material de construção - Manual Técnico” 18

Quadro 2.2. – www.bcork.amorim.com 19

Quadro 2.3. – Relatório cálculo de atraso térmico segundo a norma ABNT NBR 15220-2, 2005.....19

Quadro 2.4. – Relatório cálculo de atraso térmico segundo a norma ABNT NBR 15220-2, 2005.....20

Quadro 2.5. – Relatório cálculo de atraso térmico segundo a norma ABNT NBR 15220-2, 2005 21

Quadro 2.6. – LNEC, 2009.....23

Quadro 3.1. – APCOR “Cortiça como material de construção - Manual Técnico” 28

Quadro 3.2. – APCOR “Cortiça como material de construção - Manual Técnico” (adaptado) 28

Quadro 3.3. – Freitas V., Sousa A., Silva, J., Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos, 2003 (adaptado segundo o Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março) 58

Quadro 3.4. – LNEC, 2009 (adaptado) ETAG 004 69

Quadro 3.5. – LNEC, 2009 (adaptado) ETAG 004 70

Quadro 4.1. – NP EN 12004, 2008 (adaptado).....81

Quadro 4.2. – http://www.bcork.amorim.com/pt/constructive-solutions 83

Quadro 4.3. – APCOR “Cortiça como material de construção - Manual Técnico” (adaptado) 84

ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APCER – Associação Portuguesa de Certificação

APCOR – Associação Portuguesa de Cortiça

CEN – Comité Européen de Normalisation, European Committee for Standardization, Comissão Europeia de Normalização

CT – Comissão Técnica de Normalização

EN – Normas Europeias Harmonizadas

EOTA – Organização Europeia para Aprovação Técnica

EPS – poliestireno expandido

ETA – Aprovação Técnica Europeia

ETAG – Guideline For European Technical Approval, Guias de Aprovação Técnica Europeia

ETICS – External Termical Insulation Composite System, Sistema de Compósito Delgado de Isolamento pelo Exterior

EU – União Europeia

ICB - Insulation Agglomerate of Expanded Cork, Insulation Cork Board, aglomerado de cortiça expandida, aglomerado negro de cortiça expandida, aglomerado puro de cortiça expandida

IQNet – The International Certification Network

ISO – International Organization for Standardization

ITeCons – Instituto de Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MW – Lã de rocha

NBR – Norma Brasileira

NP – Norma Portuguesa

OSB – Oriented Strand Board

OSHAS – Occupational Health and Safety Assessment Services

PVC – Policloreto de vinilo

RB – Requisitos Básicos

RCCTE – Regulamento da Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

TC – Technical Committe

UE – União Europeia

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

XPS – Poliestireno extrudido

1
INTRODUÇÃO

1.1. EVOLUÇÃO DAS FACHADAS EM PORTUGAL

Durante séculos a construção tem vindo a sofrer alterações arquitetónicas e tecnológicas, desencadeadas por influências culturais dos diversos povos que foram ocupando as mais variadas regiões do mundo. A partir de influências religiosas, de hábitos quotidianos, e com a evolução do manuseamento dos materiais de construção, tem-se vindo lentamente a introduzir alterações na maneira como se constrói e o que se constrói. Inicialmente utilizavam-se fundamentalmente as matérias-primas circundantes e o seu manuseamento era feito em função da obra a executar com uma grande influência tradicional.

Ao longo dos tempos, a construção em Portugal tem vindo a evoluir de uma forma generalizada, não só devido ao progresso técnico e tecnológico, como também ao desenvolvimento de materiais inovadores e de regulamentação adaptada. Esta evolução tem em vista uma melhoria significativa das condições higrométricas, o aumento da durabilidade do edificado, o desenvolvimento de prefabricados e um maior controlo de custos o que deu origem ao surgimento de diversos produtos para o mesmo fim. O mercado tem funcionado de uma forma harmoniosa.

Nas últimas décadas os elementos constituintes de uma fachada têm sofrido uma evolução generalizada com a regularização dos elementos constituintes, o aligeiramento das paredes de alvenaria, a utilização de elementos prefabricados e os estudos regulamentares dos sistemas construtivos.

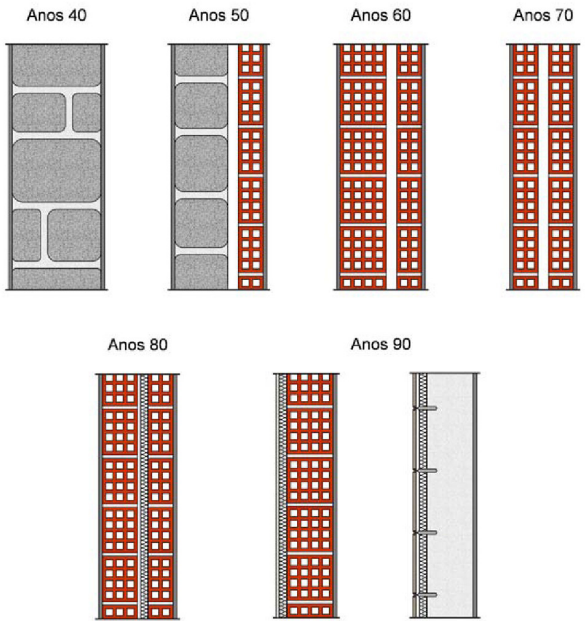


Figura 1.1 – Evolução histórica das paredes em Portugal.

Até aos anos 40, as fachadas eram constituídas essencialmente por panos de parede uniforme de elevada espessura, em alvenaria de pedra ou tijolo maciço. Eram normalmente paredes resistentes onde não existia a distinção entre a estrutura e os paramentos exteriores e havia uma predominância de vãos de pequenas dimensões. Estas construções ainda recorriam a sistemas tecnológicos e construtivos bastante primitivos, onde a mão de obra era barata, não existindo regulamentação das condições de trabalho e a execução da obra era demorada.

No pós-guerra, década de 50, destaca-se uma maior utilização de materiais modernos. Notou-se um incremento mais generalizado de materiais industrializados, tanto por influência exterior, motivada pelo desenvolvimento de novas tecnologias para a reconstrução da Europa, como pela entrada de capital estrangeiro em Portugal, motivando um desenvolvimento crescente da economia. Surgiram as paredes com dois panos, o exterior em alvenaria de pedra e o interior em alvenaria de tijolo vazado.

Com a tendência crescente de uma arquitetura modernista e o aparecimento de estruturas arrojadas, houve a necessidade de implementar estratégias para tornar a construção mais simplista e mais fácil de trabalhar tanto em projeto como em obra. Assim, nos anos 60 a construção torna-se mais ligeira, pondo de parte a utilização da alvenaria de pedra e utilizando com frequência a alvenaria de tijolo furado em ambos os panos, com o pano mais espesso do lado exterior e o de menor espessura pelo interior.

Na década de 70 notou-se uma redução de espessura do pano exterior ficando os dois panos com dimensões semelhantes.

Motivado pela crise do petróleo da década de 70 e por uma maior necessidade do conforto higrotérmico, o isolamento térmico, que anteriormente era apenas utilizado em construções especiais, integra-se, nos anos 80, como material constituinte nos edifícios comuns de habitação, utilizado no preenchimento total ou parcial da caixa de ar entre os panos de parede.

Em Portugal, nos anos 90, apareceram sistemas de isolamento térmico pelo exterior e interior, sendo estes últimos mais utilizados em reabilitação com destaque no edificado existente anterior à década de 60. Nas fachadas exteriores o isolamento térmico, que também tem funções acústicas, é tradicionalmente aplicado sobre um suporte de betão ou alvenaria. Os sistemas de isolamento pelo exterior genericamente utilizados são as fachadas ventiladas e os sistemas ETICS. As fachadas ventiladas podem ser definidas como um sistema de proteção das camadas interiores (isolamento e suporte) às intempéries caracterizando-se por integrarem uma câmara de ar corrente que funciona por efeito de depressão térmica, evitando-se uma concentração de humidade e diminuindo o gradiente de temperaturas mantendo um maior conforto térmico. Os sistemas ETICS são basicamente constituídos por uma camada de isolamento térmico colado e/ou fixo mecanicamente ao suporte e um paramento exterior para proteção essencialmente das solicitações mecânicas e agentes atmosféricos. Este último sistema é melhor desenvolvido no capítulo 3.

Atualmente, as exigências regulamentares de edificação nova e as necessidades de reabilitar o edificado antigo, que em grande maioria foi construído antes de existir regulamentação, visam melhorar significamente as crescentes exigências de conforto higrotérmico que estão diretamente ligadas com o consumo energético e com a proteção ambiental.

Neste contexto têm sido desenvolvidos sistemas de isolamento térmico de fachadas pelo exterior que visam responder às exigências regulamentares, nos casos de edificação nova, e

reforçar a proteção térmica, acústica, salubridade geral, aspeto arquitetónico e maior estabilidade estrutural com a redução das pontes térmicas que conduzem a menores amplitudes térmicas dos materiais existentes.

Existe uma grande diversidade de materiais, colocando ao dispor da imaginação do projetista a liberdade de trabalhar inúmeras possibilidades.

Atualmente existe uma consciência coletiva de desenvolvimento sustentável, que visa minimizar o impacto ambiental do edificado com a incorporação de melhorias na eficiência, com o recurso à utilização de materiais naturais, reciclados ou recicláveis. Os edifícios devem ser tanto quanto possível energeticamente autossustentáveis e durante o seu tempo de vida útil não devem influenciar negativamente o meio ambiente onde estão incorporados.

"O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais." ***(in** Relatório Brundtland, 1987)*

1.2 OBJETO, ÂMBITO E OBJETIVOS

Os sistemas construtivos de fachadas têm vindo, nas últimas décadas, a sofrer uma grande evolução ao nível das tecnologias, materiais e exigências funcionais e ambientais.

Os sistemas de Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior, designados pela sigla ETICS, da terminologia anglo-saxónica (*External Thermal Insulation Composite Systems)* são sistemas inovadores que garantem a continuidade do isolamento em todo o paramento e a melhoria do conforto térmico com o aumento da inércia térmica interior, mantendo o mesmo aspecto arquitectónico que os paramentos tradicionais. Estes sistemas permitem a diminuição da espessura das paredes, maior durabilidade das fachadas e maior conforto acústico. Com um custo relativamente baixo, numa abordagem global, e a facilidade de aplicação torna-o um sistema bastante atractivo. Uma procura de novos materiais como alternativa aos mais usuais e tradicionais tem sido uma prática exibida pelas diversas marcas da especialidade, existentes em Portugal e no estrangeiro.

Existe a necessidade de avaliar as diferentes características de um sistema ETICS com ICB (*Insulation Cork Board*) relativamente a outros sistemas com diferentes isolamentos constituintes, com vista a determinar quais as características distintivas deste material e quais as referências evidenciadas pelas empresas que os comercializam.

Num presente em que o desenvolvimento sustentável, com a aplicação de materiais ecológicos na construção, e a enorme procura de isolamentos térmicos para diminuir os custos das necessidades energéticas e, consequentemente, o cumprimento da regulamentação em vigor, a cortiça surge como um material nobre que se pode considerar um produto Português, e apresenta, neste contexto, as características ideais e únicas para integrar o desenvolvimento de sistemas construtivos.

Uma inovadora aplicação em revestimento de fachadas, utilizando o aglomerado de cortiça expandida (ICB), surgiu pela primeira vez numa experiência realizada naquele que é hoje o Pavilhão Centro de Portugal. Esta aplicação, originada de uma ideia interessante, passou a ser parte do leque de opções de sistemas construtivos de variadas empresas uma vez que os projectistas integram esta solução em projectos que realizam. É normalmente uma solução existente em obras de referência, com um crescimento interessante a nível nacional. Neste contexto, existe a necessidade de ter um melhor conhecimento para as novas funções de um material reconhecido pelas suas características únicas que até então apenas era utilizado como isolamento térmico acondicionado e naturalmente protegido dos agentes ambientais.

O presente trabalho tem como o objetivo principal a apresentação de duas soluções construtivas distintas: ETICS com aglomerado de cortiça expandida (ICB) e o revestimento de fachadas com ICB.

Para melhor ilustrar a solução de revestimento de fachadas com ICB, faz-se uma análise mais detalhada de dois casos concretos bem como uma breve descrição de diversas aplicações mais recentes da solução, de modo a cumprir um outro objetivo da dissertação que é a ilustração das soluções com casos concretos recentes.

Nos últimos anos, tem vindo a haver um forte incremento da utilização de ETICS na nova edificação e na reabilitação/manutenção de edifícios recentes que apresentam uma deficiente qualidade térmica e energética. Estas devem-se, essencialmente, a envolventes com um isolamento térmico insatisfatório e patologias associadas ao mau desempenho das fachadas. Desta forma são focados os aspectos que se consideram mais relevantes na produção, selecção e execução de um ETICS com aglomerado de cortiça expandida (ICB).

Na outra solução construtiva, revestimento de fachadas com ICB, são dispostos aspetos construtivos, normativos e a reacção do ICB face à acção dos agentes ambientais. São, também apresentadas obras de referência existentes no território nacional e no estrangeiro. Apesar de existir um leque interessante de aplicações, ainda se estão a dar os primeiros passos na compreensão e adaptabilidade deste novo tipo de revestimento/isolamento térmico.

1.3 BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO

A primeira abordagem e a mais estudada neste trabalho foi o conhecimento do ICB, num contexto histórico, económico e técnico. Este material, apesar da simplicidade do seu fabrico, é extremamente complexo no que diz respeito às suas características físicas e químicas. As bases bibliográficas assentaram em livros sobre a cortiça e seus derivados, documentos sobre a história da cortiça, manual técnico da cortiça, fichas técnicas de empresas e fichas de ensaios laboratoriais.

O desenvolvimento dos sistemas ETICS tem, como bases bibliográficas principais, dissertações de Mestrado, monografias de alunos e investigadores, catálogos de empresas ligadas ao sector e de laboratórios com especial incidência na documentação de estudos realizados no LNEC. É de referir a especial atenção às ETA´s existentes no mercado europeu relativas ao ICB, às normas dos produtos constituintes do sistema e principalmente à normalização de referência, a ETAG 004 – *Guideline for European Technical appproval of external Thermal Insulation Composite Systems with Rendering,* e a ETAG 014 – *Guideline for European Technical Approval of plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering*.

Nos revestimentos de fachada com ICB, a documentação disponível é escassa. O facto de se adquirir alguns conhecimentos na primeira abordagem sobre o fabrico e as características técnicas do ICB, revelou-se de extrema importância na interpretação dos levantamentos realizados ao revestimento em serviço, quer no Pavilhão Centro de Portugal quer no Hotel Casa das Penhas Douradas. As fichas do produto, disponibilizadas pelas empresas que comercializam o ICB, serviram como base de apoio das características técnicas do material.

Em todos os capítulos realizados foi fundamental a pesquisa bibliográfica, tanto com recurso a manuais, como a páginas de internet.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação apresentada está organizada em seis Capítulos. Depois desta introdução, o Capitulo 2 apresenta o enquadramento histórico da cortiça no mundo antigo e actual em Portugal. É feita uma breve caracterização e análise da composição da cortiça, destacando os seus usos correntes. O aglomerado de cortiça expandida (ICB), toma de seguida toda a relevância desde a sua descoberta até aos nossos dias. É feita toda uma descrição do processo de fabrico desde a poda das árvores até ao fabrico do produto final distinguindo e caracterizando as várias variantes possíveis até ao destino final. De seguida é feita a apresentação normativa relativa ao ICB, destacando-se no final duas das suas características singulares.

O Capítulo 3 apresenta o sistema ETICS (compósito de isolamento térmico pelo exterior) com o isolamento térmico aglomerado de cortiça expandida (ICB). Num primeiro ponto é feita uma apresentação dos motivos que conduziram ao aparecimento deste sistema. É, de seguida, feita uma descrição do ETICS ICB referindo a normalização técnica dos materiais, as boas práticas de montagem do sistema, algumas variantes de materiais e soluções construtivas, a pormenorização construtiva, a normalização e os ensaios realizados ao sistema, distinguindo-o de soluções com outros isolamentos. É dada especial atenção às regras e organização do estudo para a concessão de uma ETA (Aprovação Técnica Europeia) disponibilizadas pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e são apresentadas as duas únicas ETA´s existentes no mercado europeu para sistemas ETICS com a variante de isolamento térmico ICB. É feita a abordagem à marcação CE e aos requisitos básicos de um sistema ETICS. Evidenciam-se as patologias, manutenção e reparação, com uma referência estatística de um estudo realizado em Portugal. Por último são apresentadas três empresas que comercializam o sistema ETICS com ICB em Portugal, referindo características distintivas tanto dos produtos apresentados como da empresa.

O capítulo seguinte (Capítulo 4), apresenta o aglomerado de cortiça expandida (ICB) em revestimento de fachadas. Num primeiro ponto é feita uma abordagem das primeiras aplicações de cortiça em paredes como material constituinte e decorativo, evidenciando-se a sua utilização de entre os materiais disponíveis numa determinada região. Segue-se uma descrição e caracterização sintéticas do sistema, referindo materiais e processos construtivos usualmente utilizados, incluindo-se também referências normativas atualizadas relativamente aos vários produtos constituintes. Realiza-se, posteriormente, uma tentativa de análise da existência de uma espessura extra da camada de revestimento para resistir às solicitações ambientais. É referida a normalização, os sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho e são apresentados os requisitos básicos de um revestimento de fachada em ICB.

No capítulo seguinte (Capítulo 5) apresenta-se uma síntese da pesquisa efetuada sobre o tema do capítulo 4, incluindo o estudo de dois casos representativos de aplicações bastante conhecidas e representativas deste novo uso do ICB. No primeiro caso estudado, que integrou a solução projetada para o Pavilhão de Portugal da EXPO2000 na Alemanha, é dada uma especial relevância ao surgimento dessa nova aplicação de revestimento de fachada usando ICB, destacando aspetos essenciais associados à conceção original. Esse pavilhão foi desmontado e reconstruído em Portugal em Coimbra, sendo hoje o Pavilhão Centro de Portugal, implantado junto ao Mondego. Referem-se aspetos construtivos, o estado de conservação e a caracterização do revestimento, enquadrando-o nas características ambientais do local onde o edifício está implantado. Em consonância com as diferentes características do estado do revestimento, é proposto um plano de manutenção. No segundo caso estudado, é apresentada uma análise realizada à aplicação do revestimento em serviço, no Hotel Casa das Penhas Douradas. É caracterizada a solução construtiva e o estado atual do revestimento, considerando as severas solicitações ambientais que enfrenta. Por fim, neste capítulo são apresentados diversos edifícios contemporâneos que se destacam pelo tipo de revestimento que apresentam, todos eles baseados no uso de derivados de cortiça, sendo em geral o revestimento usado o ICB.

No sexto e último capítulo conclui-se o trabalho realizado, fazendo uma apreciação do cumprimento dos objetivos propostos, evidenciando as dificuldades sentidas e propondo desenvolvimentos futuros.

2

A CORTIÇA E O AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB)

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DA CORTIÇA NO MUNDO ANTIGO

As primeiras árvores identificadas como sobreiros (*Quercus suber*), árvore de onde se extrai a cortiça, datam de há milhões de anos.

O sobreiro é uma árvore cuja origem data da Era Terciária (65 Milhões de anos). Considera-se que tenha surgido na região do mar Tirreno tendo progressivamente migrado para as atuais zonas mediterrânicas (Portugal, Espanha, Marrocos, Argélia, Tunísia, Itália e França), que são caracterizadas por períodos de seca estival e invernos amenos (Fig. 2.1).

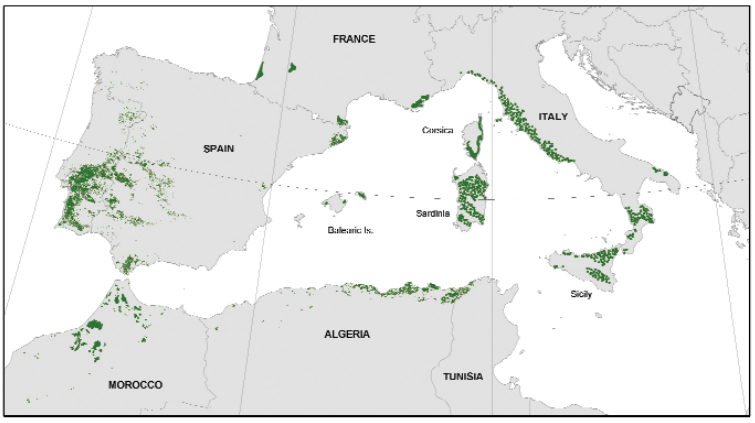


Fig. 2.1 – Distribuição atual mundial do sobreiro.

A utilização da cortiça pelo homem ao longo dos séculos deixou marcas culturais profundas e alargou-se à escala universal. É desde cedo associada a ricas simbologias do conforto, prazer e utilidade. Desde sempre as sociedades lhe atribuíram qualidades ímpares e apreciaram a sua genuidade e origem.

Desde o Quarto Milénio a.C., início da era do bronze, que a cortiça começou a ser utilizada pelo ser humano com os mais diversos fins do seu quotidiano. A pesca, o calçado e os telhados de casas são exemplos de algumas utilizações que se davam a este material. Naturalmente, nesta época remota, já se reconheciam algumas qualidades a esta matéria-prima natural e de fácil manuseamento.

Foi na Grécia Antiga que surgiram as primeiras referências ao sobreiro pelo filósofo Teofrasto que, nos seus tratados de Botânica, refere "a faculdade que esta árvore possui em renovar a casca quando esta lhe é retirada". Para os Gregos a cortiça tinha um valor divinal e apenas os

sacerdotes a podiam cortar, dado que o sobreiro era uma árvore consagrada ao Deuses Olímpicos.

Com os Romanos outros usos lhe foram dados, tais como a utilização para fazer colmeias e a vedação de ânforas, devido ao reconhecimento das suas características como bom material de isolamento térmico.

A cortiça e o vinho são dois produtos que sempre se complementaram. Existem registos, desde o início do primeiro milénio, ao vinho e ao material vedante do recipiente que o continha e que era feito em cortiça.

2.2. A CORTIÇA EM PORTUGAL

Foi Portugal o primeiro país a redigir leis agrárias que protegem os montados de sobro, as quais datam do início do século XIII. No reinado de D. Dinis, aparecem as primeiras referências escritas à proibição do corte do sobreiro e à criação de coutadas para a proteção do sobreiro, punindo práticas destrutivas do ecossistema existente. [1]

Nos séculos seguintes, a cortiça assumiu uma grande relevância na economia nacional, surgindo como artigo exportado para o Reino Unido e sendo referida como um artigo importante nas trocas comerciais entre mercadores do mundo conhecido. [1]

Durante os Descobrimentos, a madeira de sobreiro foi usada pelos construtores de naus e caravelas para o fabrico das partes de ligação mais expostas às intempéries dos navios. Com o aumento da construção naval e também populacional, houve necessidade de tornar as terras aráveis e, com o consecutivo consumo de lenha, houve uma grande desflorestação a nível nacional que se fez sentir de modo particular no sobro. Na conquista de Ceuta foram usadas 200 naus em que, para a construção de cada uma, era necessário o abate de 2000 a 4000 árvores. Nessas naus e caravelas, a cortiça era utilizada como material para os mais variados utensílios, flutuadores, bancos, arcas, baús, malgas, vasos e gamelas. [1]

A desflorestação do sobreiro foi inevitável, apesar das diversas iniciativas para o impedir. No espaço de um século grande parte da área ocupada pelo sobreiro desapareceu.

Só no século XVIII se dá início à exploração sistemática dos sobreirais que caracterizavam a Península Ibérica. Esta exploração assentava na agricultura, no aproveitamento da bolota para alimentação dos suínos e outros animais e no aproveitamento da cortiça principalmente para a produção de rolhas. É nessa altura que surgem os primeiros trabalhos científicos sobre o sobreiro e a cortiça.

Durante o século XIX, outros países como França, Itália e até os Estados Unidos da América, deram início à exploração de montados de sobro o que desencadeou um grande avanço tecnológico na indústria da corticeira. O Reino Unido era um dos principais clientes portugueses, e a transformação nacional de cortiça era feita com tecnologia estrangeira, sendo as principais empresas existentes em Portugal também estrangeiras. A cortiça em bruto era exportada em pranchas e era transformada nos mais diversos países do mundo, desde Estados Unidos da América ao Japão e Austrália, mas ocorria principalmente no continente Europeu. [1]

Entre o século XVIII e o século XX, o uso da cortiça passou por algum desinteresse visto ser apenas utilizada para vedação, podendo, para este efeito, ser apenas aproveitada a cortiça de melhor qualidade correspondendo unicamente a um quarto do total extraído das árvores. No final do século XIX, com o surgimento dos aglomerados de cortiça, os quais permitiam que se aproveitassem resíduos e restos de cortiça, inicia-se, de modo lento, a alteração do cenário de desinteresse instalado. Foi nesta altura que as empresas, que até então operavam a transformação e comercializavam a cortiça no exterior, verificaram que seria economicamente mais vantajoso produzir em Portugal. De entre as grandes indústrias corticeiras da altura destacam-se a Mundet e a Armstrong. [1]

Com a crise de 1929, associada a alguns problemas alfandegários, a indústria corticeira foi um setor fortemente afetado. Porém, nas décadas de 30 e 40, há uma viragem e a exportação de cortiça transformada cresce 142 % enquanto que a cortiça em bruto fica pelos 5 %. [2]

Na década de 30, em Portugal, nos primeiros anos do Estado Novo, a situação interna e a conjuntura internacional levaram o governo de Salazar a adotar uma política urbanística enquadrada na ideologia do regime. O estado assumia a responsabilidade da promoção e construção de casas económicas para as famílias mais desfavorecidas, baseadas num modo de vida tradicional. Em 1933, foi publicado, em conjunto com o Estatuto do Trabalhador Nacional, o Decreto nº 176 que enquadrava os critérios da construção da casa económica. [2]

O Ministério das Obras Públicas de então era liderado pelo Engenheiro Duarte Pacheco que fomentou a utilização da cortiça classificando-a como uma valiosa matéria-prima a empregar na construção. Nessa altura, foram empregues aglomerados de cortiça em diversos edifícios públicos, no Teatro Nacional de São Carlos, no Instituto Superior Técnico, no Instituto Nacional de Estatística e na Emissora Nacional.

Ainda no ano de 1933, foi criado o Laboratório da Junta Nacional da Cortiça, onde se deu início a uma série de ensaios da aplicação da cortiça na construção que se devem a Antão de Almeida Garrett. Uma das primeiras experiências foi a da aplicação do aglomerado na construção da casa popular desmontável isolada contra o frio, o calor e a humidade.

Os países produtores passaram a investir cada vez mais em inovação e lançaram para o mercado um leque de produtos variados. São registadas patentes nos mais diversos tipos de acessórios, pneus, correias de transmissão, materiais para a construção civil como, por exemplo, ladrilhos de cortiça aglomerada, equipamentos militares e indústria farmacêutica. Surgiram, nesta altura, diversas iniciativas para a definição de normas internacionais para a indústria corticeira.

Até aos nossos dias, as aplicações da cortiça na construção têm tido um aumento generalizado a nível mundial, dado que as suas qualidades excecionais são um facto atualmente bem aceite pela generalidade dos utentes.

Atualmente a cortiça tem tido um crescimento exponencial em áreas inovadoras como o *Design* para a Sustentabilidade e o *Eco-Design*. A cortiça é uma matéria-prima natural, renovável e reciclável que se enquadra nas necessidades da construção sustentável. Artistas e indústria portuguesa têm visto na cortiça um material de qualidade superior com uma vasta empregabilidade em produtos vanguardistas e de luxo, sendo reconhecida em todo mundo.

Sendo Portugal o país onde melhor se adapta o sobreiro, é natural que tenhamos a maior área de sobro (Fig. 2.2) e que sejamos o maior produtor mundial de cortiça, responsável por mais de 62 % de toda a produção mundial.

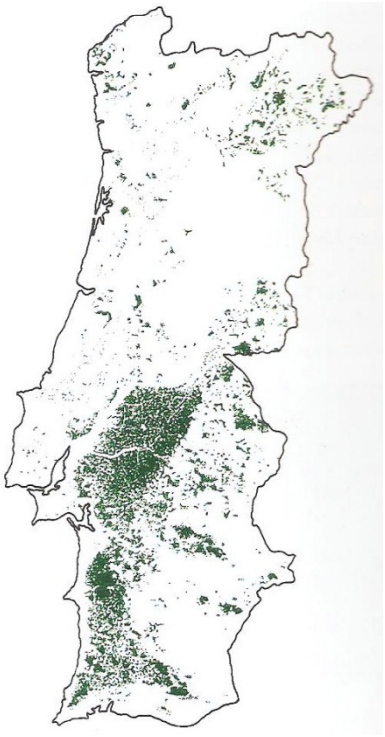


Figura 2.2 – Atual Distribuição do sobreiro em Portugal.

As exportações da cortiça representam atualmente para Portugal uma valiosa fonte de divisas, tendo atingido em 2010 os 754,3 milhões de euros (Figura 2.3).

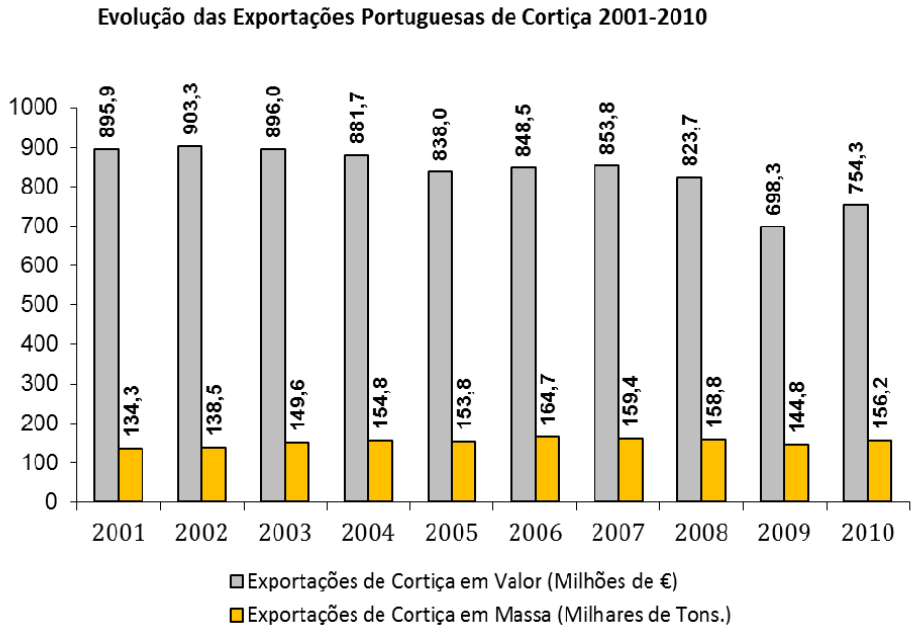


Figura 2.3 – Evolução das Exportações Portuguesas da cortiça 2001/2010.

2.3. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA CORTIÇA

Neste sub-capítulo é apresentada uma breve caracterização macroscópica da cortiça, visto não estar no âmbito do trabalho uma apresentação detalhada da sua constituição. A constituição química da cortiça é extremamente complexa e atualmente ainda não se possui o total conhecimento de todas as suas características.

A cortiça é a camada mais exterior da espécie *Quercus suber*, vulgarmente designada de sobreiro. As suas propriedades resultam em grande medida da sua constituição química. A constituição da cortiça difere em função da sua exposição a agentes ambientais, idade da árvore, distribuição geográfica e origem genética da árvore.

A constituição química da cortiça engloba vários tipos de compostos, que tradicionalmente são divididos em cinco grupos:

a) Suberina (45% - responsável pela sua compressibilidade e elasticidade);

b) Lenhina (27% - estrutura das paredes celulares);

c) Polissacáridos (12% - também ligados à estrutura da cortiça);

d) Ceróides (6% - repelem a água e contribuem para a impermeabilidade);

e) Taninos (6% - cor e proteção/conservação do material);

f) Cinzas (4%).

A cortiça apresenta uma densidade muito baixa que se deve a uma estrutura alveolar com paredes muito finas. Esta estrutura confere-lhe características únicas que a diferenciam enquanto matéria-prima tais como:

- a leveza e a flutuabilidade (contém 90% de ar encerrado em células impermeáveis);
- a elasticidade, compressibilidade e impermeabilidade (que se deve à presença de suberina e à grande flexibilidade das suas membranas celulares);
- a eficiência isoladora acústica térmica e vibrática (que se deve ao facto do ar se encontrar encerrado em minúsculos compartimentos estanques, isolados por um material de baixa densidade).

A cortiça possui ainda outras características particulares. É um produto natural, ecológico e inodoro que conserva a sua eficiência indefinidamente, sendo, ainda, um retardador da combustão. A cortiça é compacta e resistente e pode considerar-se imputrescível e inalterável, características que a tornam num material com um vasto potencial de aplicações.

A primeira extracção de cortiça ocorre quando a árvore atinge 25 a 30 anos. A primeira cortiça retirada recebe o nome de *virgem*, a segunda de *secundeira* e as extrações subsequentes, o nome de *amadia*.

Numa análise macroscópica à cortiça aquando da extracção das árvores observa-se a parte exposta, o "entrecasco", que vai sendo desligado pelas sucessivas camadas de novas células que se vão formando no interior, as quais formam a "raspa", que é o principal constituinte da "costa" da cortiça (parte externa), que seca, contrai e endurece, fendilhando devido ao crescimento.

Analogamente, a parte interna do tecido suberoso, que corresponde à última camada de crescimento anual, é designada por "barriga" ou "ventre" (Fig. 2.4). Esta camada tem menor elasticidade do que as outras camadas e apresenta orifícios dos canais lenticulares (poros). A porosidade está estreitamente ligada à qualidade da cortiça. A cortiça virgem não apresenta raspa. [1]

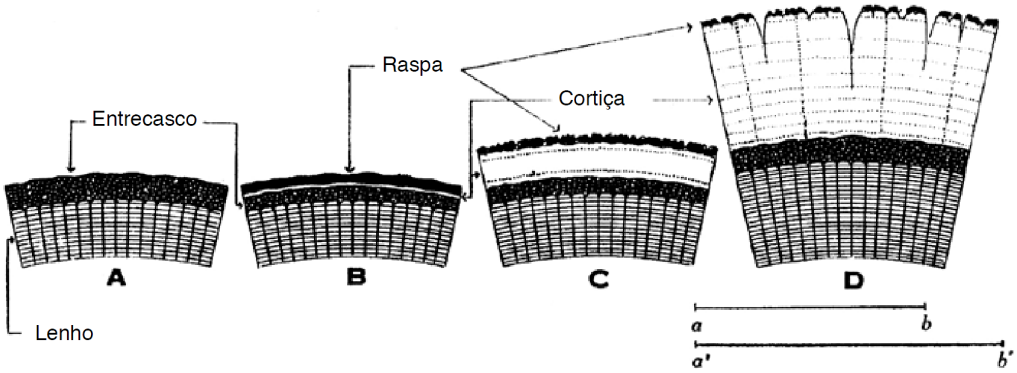


Figura 2.4 - Análise macroscópica da cortiça.

Ao longo da espessura da cortiça são observáveis os anéis de crescimento, distinguíveis por serem constituídos por células formadas com diferentes dimensões e com diferentes espessuras das suas paredes celulares, conforme sejam formadas na primavera/verão ou no outono/inverno. Há alguns aspetos exteriores que costumam ser considerados como indicadores da qualidade da cortiça: a cor clara da cortiça virgem e a lisura, macieza e pequena espessura da costa, na cortiça amadia. Em última análise, a qualidade da cortiça é determinada pela homogeneidade da sua "massa". Dentro das descontinuidades existem os canais lenticulares que atravessam radialmente a cortiça e que transversalmente dão origem aos poros. O tipo de poros, a sua dimensão, quantidade e distribuição, são um fator (porosidade) determinante na qualidade da cortiça. [1]

A cortiça pode apresentar uma série de defeitos estruturais ou outros (por exemplo, mancha amarela, verde, presença de insetos, etc.) que são importantes para aplicações rolheiras mas não para os produtos transformados, aplicados na construção civil.

A estrutura da cortiça é anisotrópica. As três principais direções definidas para a cortiça são a radial (paralela aos raios da árvore), a axial (direção vertical na árvore) e tangencial (perpendicular às outras duas, tangente à circunferência da secção da árvore). As secções perpendiculares a estas três direções são prospectivamente designadas por tangencial, transversal e radial (Gibson, 1988). No entanto a anisotropia deixa de ser sentida quando temos um aglomerado de cortiça, dada a orientação aleatória dos grânulos, o que acontece com produtos de cortiça para a construção civil. [1]

Assim, a cortiça é constituída por componentes estruturais de forma polimérica complexa e extensa e componentes não estruturais. Estes últimos dividem-se em extrativos e não extrativos. Os extrativos dividem-se nos ceróides, que influem nas características de impermeabilização da cortiça, e nos compostos fenólicos, que parecem desempenhar funções protetoras contra os ataques de organismos biológicos. [1]

As partes da cortiça que não são utilizadas no fabrico de rolhas e de outros produtos naturais (decorativos, blocos, discos, lâminas) bem como os desperdícios daí resultantes, são transformadas em grânulos, base de um atual grande sector da indústria corticeira, o dos aglomerados.

A cortiça transformada, sob a forma de aglomerado, mantém todas as suas propriedades anteriormente descritas. O fato de ser um produto 100 % natural e ecológico confere-lhe uma posição de clara vantagem face aos *standards* ecológicos aos quais hoje se aspira.

2.4. AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB – *INSULATION CORK BOARD*)

Durante séculos as aplicações limitadas da cortiça deram origem a uma enorme quantidade de material desperdiçado que tinha como destino a alimentação de caldeiras. Em 1863, no Reino Unido, foi inventado o linóleo para revestimento de sobrados, por um senhor chamado Frederik Walton. Como muitos outros produtos, o linóleo foi descoberto por acaso e depressa o seu fabrico se expandiu para diversos países. [1]

Sendo o linóleo a primeira invenção ao acaso, o aglomerado de cortiça expandida não deixou de ser diferente. Foi descoberto em 1891-2, em Nova Iorque, por um senhor de seu nome John Smith que era fabricante de coletes salva-vidas compostos por granulado de cortiça envolvidos por lona. Os coletes eram enchidos com apoio de tubos metálicos para que a lona ficasse estendida. Uma noite, um desses tubos cheio de granulado de cortiça, que ficou esquecido, rolou acidentalmente para uma caldeira. Na manhã seguinte, ao limpar a fornalha, John Smith reparou que o calor não tinha consumido a cortiça no interior do tubo mas tinha criado uma massa cilíndrica perfeitamente agregada. Este método foi designado por "Joining cork with its natural resins" sob a patente americana n.º 484345. O fabrico deste aglomerado começou em 1893, nos Estados Unidos, pela empresa Stone & Duryes que comprou a patente a Smith.

Mais tarde, em 1904, a Armstrong comprou os direitos da patente de Smith e, em 1923, desenvolveu o processo que se mantem até aos dias de hoje, de cozedura pelo vapor de água sobreaquecido. [1]

Inicialmente este aglomerado começou a ser utilizado para solucionar os enormes desperdícios da indústria rolheira recorrendo-se apenas às pranchas de pior qualidade e aos restos do fabrico de rolhas. Devido ao início do desenvolvimento dos mais variados produtos direcionados para outras áreas, entre as quais a construção civil, a indústria corticeira tornou-se numa referência no aproveitamento de toda a cortiça desde o momento do descortiçamento e, inclusive, na reciclagem de materiais já utilizados.

No ano 2000, em Portugal, a produção de aglomerado para revestimento equivalia a 17 % do volume de produção de produtos corticeiros e a de aglomerado de cortiça expandida equivalia a 6 %.

2.5. FABRICO DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB)

O aglomerado de cortiça expandida, também designado por aglomerado puro, recebe esta denominação porque se fabrica de forma distinta dos outros aglomerados uma vez que a

substância aglutinante ou de ligação é a resultante da degradação térmica da própria cortiça a altas temperaturas. Recorrendo às suas substâncias aglutinantes, geralmente designadas por resinas, obtém-se um produto que exibe uma perfeita agregação. Também pode ocorrer a designação de aglomerado negro, devido à coloração do produto final.

É um produto constituído essencialmente por *falca* (70 a 80%), tecido misto de cortiça, entrecasco e lenho, proveniente dos ramos e obtido por extração manual ou mecânica (Fig. 2.5) dos despojos das podas dos sobreiros. Pode conter, também, refugos, cortiça de árvores queimadas ou mortas, aparas de costa e restos de cortiça com defeitos graves e de pior qualidade. [3]

Figura 2.5 – Descortiçamento manual e mecânico.

O uso de cortiça com melhor qualidade levará a obtenção de um produto final com melhores características físico-mecânicas mas não se aconselha o uso superior a 60 ou 70 % de cortiça virgem o que conduzirá à obtenção de um produto de qualidade inferior. Neste sentido considera-se um produto de interesse elevado visto ser o único que garante qualidade necessária e que consegue suportar este tipo de matéria-prima, pelo menos na globalidade. [3]

Após o descortiçamento é realizado o processo de secagem. O material é empilhado e por vezes remexido manualmente ou com recurso a tratores para que a sua secagem possa ser homogénea.

É feito o armazenamento durante vários meses, normalmente em área coberta. Posteriormente efetua-se o loteamento ou mistura dos vários tipos de cortiça de diferentes proveniências, por razões que estão ligadas à disponibilidade das matérias-primas existentes.

Após as misturas, coloca-se a matéria-prima nos moinhos de trituração. Esta operação serve para obter grânulos com determinada dimensão em função do tipo de aglomerado a fabricar, possuindo um rendimento de 60 %. Esta operação também tem função de limpeza. A granulometria final normalmente é de 3 a 10 mm para o aglomerado acústico e de 5 a 22 mm para o aglomerado térmico. No fabrico dos aglomerados acústicos é normalmente usada cortiça de melhor qualidade. [1]

A fase seguinte serve para eliminar impurezas, pó, grânulos de densidade superior como, por exemplo, pedaços de lenho, entrecasco e terras. Esta operação é efetuada com o auxílio de separadores densimétricos vibratórios ou mantas vibratórias. As impurezas retidas são na ordem dos 30 a 35 %. [1]

O granulado obtido é seguidamente ensilado e seco por insuflação de ar quente a cerca de 110 °C ou então é previamente seco e depois ensilado. A intenção desta ensilagem é a de reduzir e controlar o teor de humidade até os 6 a 8 %. A temperatura de secagem não pode ser muito

elevada de modo a não libertar as resinas naturais da cortiça. Este processo é bastante relevante porque poderá por em causa todo o processo de cozimento. [1]

Antes do cozimento pode ser realizado um processo de loteamento prévio.

O cozimento é um processo que pode ser realizado por via seca ou húmida. Nos processos de via seca a matéria é sujeita a um tratamento térmico num forno. O processo de via húmida, também designado por autoclave ou *steambacket*, é o mais usual nos dias de hoje. Neste caso o cozimento é feito com o atravessamento de vapor de água, normalmente a 340 °C, e a densidade final depende do grau de compactação empregue. [3]

O aglomerado produzido em autoclaves é mais homogéneo do que o produzido em fornos e mais económico, exigindo menor tempo de fabrico. O vapor de água além de provocar o cozimento, também retira algum material exsudado, diminuindo a massa volúmica e melhorando as características de isolamento. Como desvantagem apresenta-se o facto de não ser possível fabricar elevadas massas volúmicas, pois, à medida que se comprime o granulado, mais difícil se torna este ser atravessado pelo vapor injetado, com um limite de compactação na ordem dos 300 $Kg.m^{-3}$. [3]

No processo da autoclavagem, o molde é o próprio autoclave. O granulado seco é introduzido até uma determinada altura, dependendo da compressão ou massa volúmica requerida (Fig. 2.6). Efetua-se um aperto antes da cozedura e depois realiza-se o processo com a insuflação de vapor de água entre os 300 e 370 °C e com uma pressão de cerca de 30 a 60 kPa. No final da passagem do vapor pode realizar-se uma nova compressão, podendo o volume final passar a ser metade do inicial, no caso de blocos mais densos. Com a introdução do vapor atravessando a massa de grânulos será produzida a exsudação das resinas para a superfície dos grânulos e o seu aumento de volume poderá ser até 1,8 vezes, determinando a sua aglutinação. O tempo de cozimento, sendo de 17 a 30 minutos nos casos mais comuns, depende do teor de humidade do granulado, da temperatura do vapor e do volume/massa do granulado. Os casos mais comuns são os autoclaves paralelepípedos para blocos ou placas. A segunda compactação, atrás referida, dará origem ao esmagamento dos canais de escoamento, ao estabelecimento de novas superfícies de contacto e ao esmagamento celular nas zonas de contacto. [3]

Durante o processo de cozimento, o aglomerado de cortiça expandida perde holocelulose (9 %) e extratáveis (10 %) ganhando no teor de suberina (44 %), lenhina (34 %) e cinza (6 %). [1]

Figura 2.6 – Introdução do granulado no autoclave.

Depois do cozimento, o bloco é levantado por um hidráulico (prato inferior) e levado para a zona de arrefecimento. É aplicado um chuveiro de água a ferver de modo a evitar a sua autocombustão. O tempo em que a autocombustão é possível não ultrapassa as 10 horas. [1]

Após completo arrefecimento e estabilidade dimensional é realizada a fase do corte na qual os blocos são seccionados com uma serra de fita e acertada a sua esquadria, geralmente com uma serra de disco. Seguidamente procede-se a uma lixagem de superfície. O topo e a base dos blocos são eliminados por um corte fino. Nestas zonas, normalmente de pior qualidade, pode haver pontos de carbonatação.

Finalmente, as placas são embaladas e as suas dimensões *standards* são de 1000 x 500 mm, nas diferentes espessuras. Estas medidas poderão ser diferentes, dependendo de algum pedido especial do cliente.

Os aglomerados produzidos podem ser de três tipos – térmicos, acústicos ou vibráticos - a diferença baseia-se nas granulometrias e compressões usadas que conduzem a diferentes densidades finais. Os aglomerados acústicos têm uma massa volúmica de 90 $kg.m^{-3}$, os térmicos (*standard*) de 120 $kg.m^{-3}$ (Fig. 2.7) e os vibráticos devem ter uma massa volúmica superior a 180 $kg.m^{-3}$.

Um aglomerado de cortiça expandida com menor densidade tem uma maior capacidade para absorver água, ou seja, uma maior higroscopicidade, uma pior aglutinação dos grânulos logo maior capacidade de desintegração e afetação das propriedades mecânicas intrínsecas. Com uma menor densidade existe uma diminuição do seu coeficiente de condutibilidade térmica, coeficiente esse que aumenta com a humidade do material e a temperatura do ambiente onde está inserido.

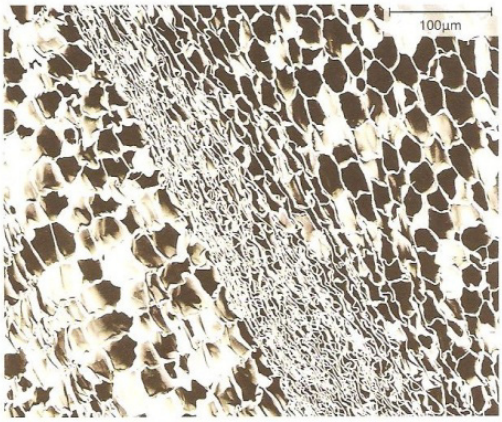


Figura 2.7 – Imagem da estrutura de um aglomerado de cortiça expandida do tipo térmico.

2.5.1. ESQUEMA DO FABRICO DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB)

A figura que se segue (Fig. 2.8) representa um esquema do processo de fabrico atrás referido.

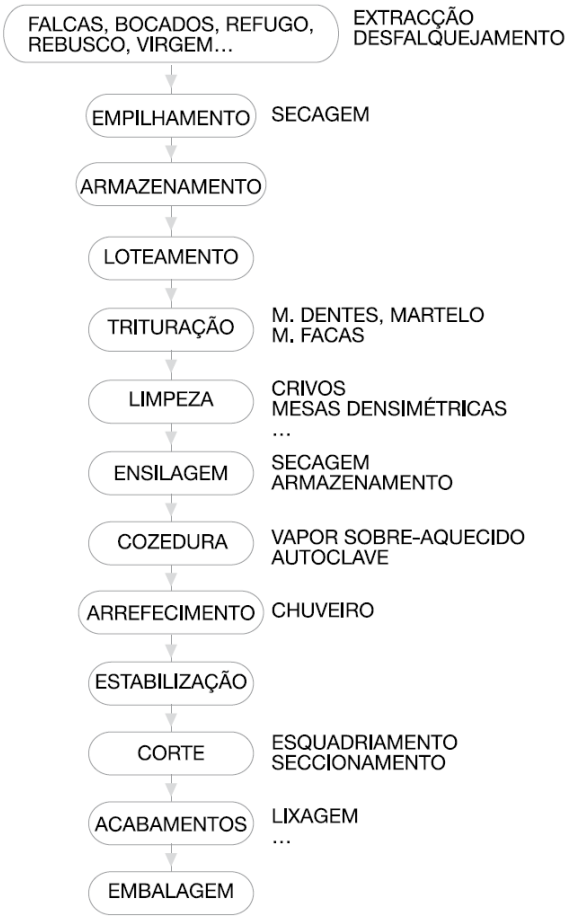


Figura 2.8 – Esquema de fabrico do ICB.

2.6. NORMALIZAÇÃO E REQUISITOS DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Foi criada em Portugal, em 1957, a Comissão Técnica de Normalização 16, a CT 16, com o objetivo de tratar todas as normas relacionadas com a cortiça. Neste momento estão em vigor cerca de 40 Normas Portuguesas (NP), aplicáveis a cortiça e derivados, que são revistas e atualizadas de cinco em cinco anos. A nível internacional, e com o mesmo objetivo, existe a *International Organization for Standardization/ Technical Committe* ISO /TC 87, cujo secretariado é assegurado por Portugal através do Instituo Português da Qualidade. A nível europeu, existem três comissões técnicas relacionadas com os produtos derivados da cortiça: *Comité Européen de Normalisation/ Technical Committe* CEN/TC 88 para os aglomerados expandidos; a CEN/TC 134 para o *parquet*; e a CEN/TC 99 destinada aos revestimentos de paredes em painéis e rolos.

Este trabalho tem como foco principal o aglomerado de cortiça expandida térmico (*standard*), logo são apenas apresentadas as exigências e referências normativas para este produto (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Referências Normativas referentes ao Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB).

CARACTERÍSTICA	EXIGÊNCIA	MÉTODO DE ENSAIO
Conductividade térmica **Resistência térmica**	≤ 0, 060 W/m.K ≥ 0, 025 m².K/W	ISO 8302 ISO 8301
Comprimento **tolerâncias**	Classe L1: valor nominal ± 3 mm Classe L2: valor nominal ± 5 mm	NP EN 822
Largura **tolerâncias**	Classe W1: valor nominal ± 2 mm Classe W2: valor nominal ± 3 mm	NP EN 822
Espessura **25 mm < espª ≤ 50 mm** **espª >50 mm**	tolerâncias: Classe T1: ± 1 mm Classe T2: ± 2% c/ máximo 2 mm	NP EN 823
Esquadria **Comp. e larg.** **Espessura**	≤ 4 mm/m ≤ 2 mm/m	NP EN 824
Planeza	≤ 2 mm	NP EN 825
Estabilidade dimensional a (23±2)°C e (50±5)% hr **comprimento e largura** **planeza**	≤ 0,5% ≤ 1 mm/m	NP EN 1603
Estabilidade dimens. sob acção tempª e humidade **comprimento e largura** **planeza**	≤ 0,5% ≤ 1%	NP EN 1604
Deformação em condições específicas de compressão e temperatura	≥DLT	NP EN 1605
Manuseamento	≥ 130 kPa	EN 12089 métº B
Teor em água	≤ 8 % (m/m)	NP EN 12105
Resistência ao fogo	Classificação	NP EN 13501-1
Massa volúmica aparente	≤ 130 kg/m^3	NP EN 1602
Comportamento à compressão (10% deformação)	Nível CS (10)90 ≥ 90 kPa Nível CS (10)100 ≥ 100 kPa Nível CS (10)110 ≥ 110 kPa	NP EN 826
Carga pontual	≥ nível declarado	NP EN 12430
Compressibilidade **Espessura** **Compressibilidade** **Red. Esp. Longo termo**	≤ valor declarado ≤ valor declarado Ver abaixo	NP EN 12431
Fluência sob compressão	Ver abaixo	EN 1606
Tensão de tracção perpendicular às faces	Nível TR 40 ≥ 40 kPa Nível TR 50 ≥ 50 kPa Nível TR 60 ≥ 60 kPa	NP EN 1607
Comportamento à flexão	≥ 130 kPa	EN 12089 métº B
Resistência ao corte	≥ 50 kPa	NP EN 12090
Absorção de água (curta duração)	≤ 0,5 kg/m²	NP EN 1609 métº A
Transmissão ao vapor de água	≥ valor declarado	NP EN 12086
Massa volúmica aparente	≥ valor declarado	EN 1602
Resistência ao escoamento de ar	≥ nível declarado	EN 29053
Propriedades acústicas	≥ valor declarado	EN ISO 354:1993/A1 EN ISO 11654

2.7. OUTRAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA

2.7.1. ATRASO TÉRMICO NA TRANSMISSÃO DE CALOR

O atraso térmico é o tempo decorrido entre a variação térmica numa superfície de uma solução construtiva e a sua manifestação na superfície oposta quando o sistema é submetido a uma variação de calor. Um isolamento térmico deve ter uma baixa condutibilidade térmica e também uma boa difusão térmica para que as variações da temperatura não sejam facilmente transmitidas para a face oposta.

Esta propriedade tem suscitado um interesse relevante dos investigadores para compreenderem melhor o desempenho dos materiais na transferência de calor.

Não existindo normalização europeia, os ensaios têm sido realizados segundo o estipulado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que regulamenta as Normas Brasileiras (NBR), que para esta situação, é a ABNT NBR 15220-2:2005.

Apresenta-se um ensaio pedido pela Amorim Isolamentos SA e realizado no Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tenológico em Ciências da Construção (ITeCons) da Universidade de Coimbra (Quadros 2.2 e 2.3 e Fig. 2.9) acerca da condutibilidade térmica do aglomerado de cortiça expandida.

Dados relativos ao material (ICB):

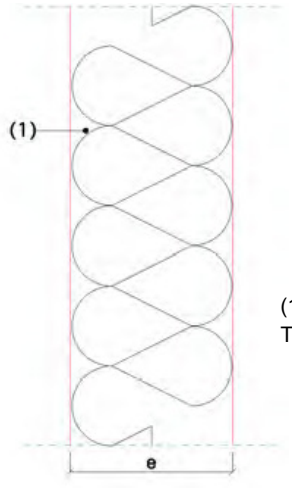
Quadro 2.2 – Características técnicas do aglomerado de cortiça expandida.

Condutibilidade térmica, K ($W.m^{-1}.C^{-1}$)	Massa volúmica, ρ ($kg.m^{-3}$)	Calor específico, c ($J.kg^{-1}.°C^{-1}$)	Difusividade térmica, k ($m^2.s^{-1}$)
0,038	100	1560	2,44E-07

Resultados obtidos:

Quadro 2.3 – Relação entre variadas espessuras e o atraso térmico.

	Atraso térmico (h)
Espessura do Isolamento (m)	ICB
0,010	0,467
0,020	0,933
0,025	1,167
0,030	1,400
0,040	1,867
0,050	2,333
0,060	2,800
0,070	3,267
0,080	3,734
0,090	4,200
0,100	4,667
0,150	7,000
0,200	9,334



(1) – Isolamento Térmico (ICB)

Fig. 2.9 – Imagem ilustrativa do esquema estudado.

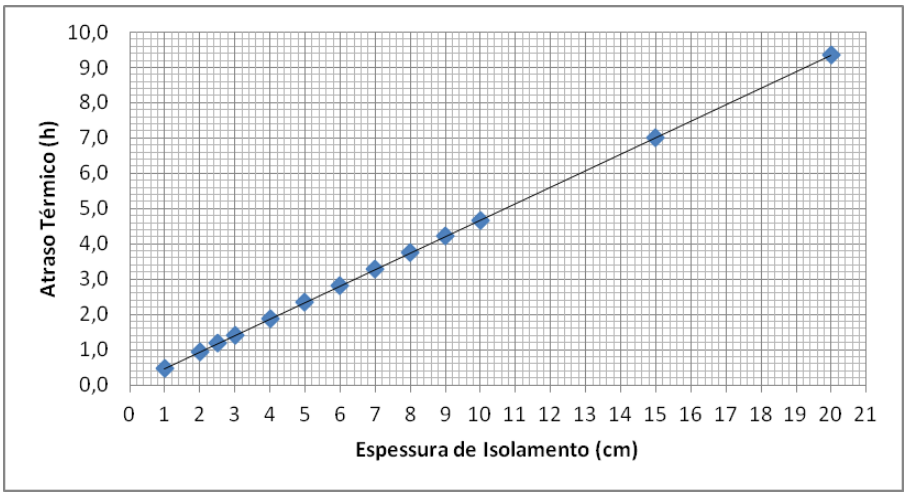


Figura 2.10 – Evolução do atraso térmico com o aumento de espessuras de isolamento (ICB).

No ensaio em questão (uma camada de isolamento térmico ICB), observa-se que o aumento do atraso térmico é diretamente proporcional ao aumento da espessura de isolamento térmico (Figura 2.10).

Foram realizados ensaios comparativos com outros tipos de isolamentos térmicos (XPS - poliestireno extrudido e MW - lã de rocha - Quadro 2.4).

Quadro 2.4 – Características técnicas do ICB, XPS, MW.

	Condutibilidade térmica, K ($W.m^{-1}.C^{-1}$)	Massa volúmica, ρ ($kg.m^{-3}$)	Calor específico, c ($J.kg^{-1}.°C^{-1}$)	Difusividade térmica, k ($m^2.s^{-1}$)
ICB	0,038	100	1560	2,44E-07
XPS	0,035	35	1400	7,14E-07
MW	0,04	70	837	6,83E-07

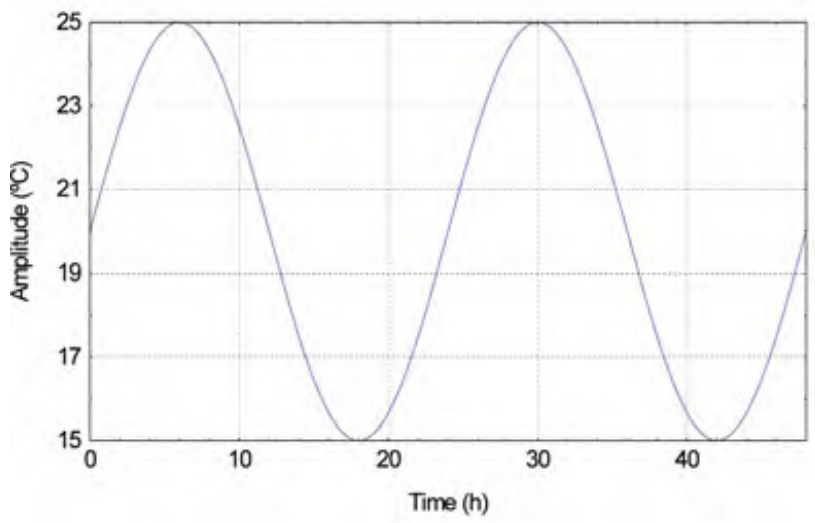


Figura 2.11 – Evolução da variação de temperatura na superfície exterior do sistema ao longo de 50 horas.

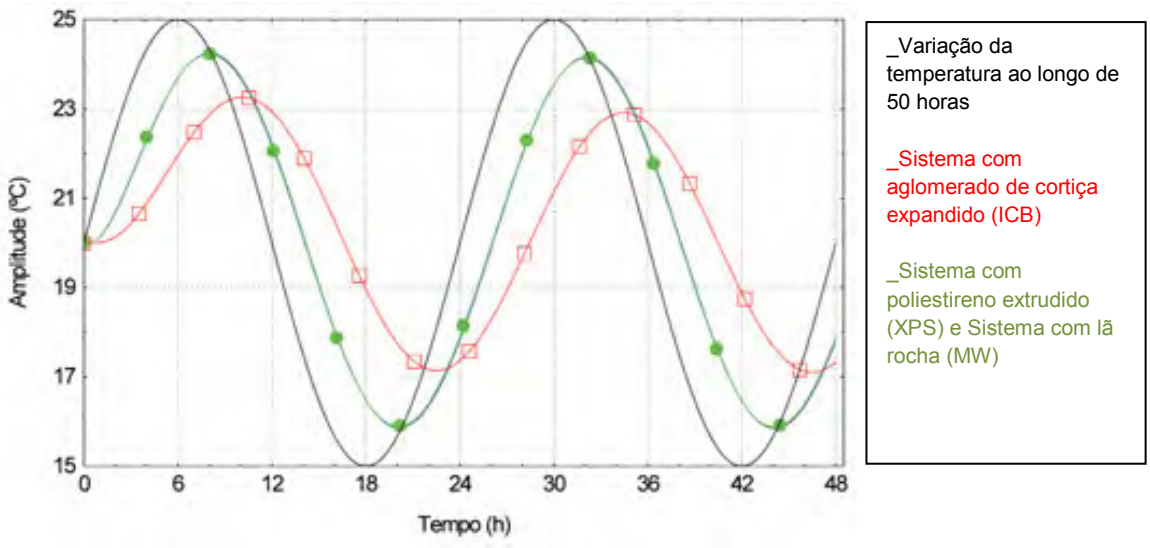


Figura 2.12 – Evolução da variação de temperatura na superfície exterior e interior dos sistemas ao longo de 50 horas.

Nos ensaios realizados impôs-se uma variação de temperatura na superfície exterior do sistema, num período de 50 horas (Figura 2.11). A temperatura inicial foi de 20 °C com uma oscilação de 10 °C em cada período de 24 horas.

Na Figura 2.12 ilustra-se a variação de temperaturas exteriores ao longo de 50 horas e os resultados de transferência de calor, através do sistema composto por uma única camada de isolamento térmico com 100 mm de espessura.

O sistema composto por aglomerado de cortiça expandida é o que oferece melhores resultados quando comparado com os outros isolamentos XPS e MW. Distingue-se também por apresentar menor valor de temperatura máxima na superfície recetora.

Quadro 2.5 – Relação entre variadas espessuras e o atraso térmico.

	Atraso térmico (h)		
Espessura do Isolamento (m)	ICB	XPS	MW
0,010	0,467	0,273	0,28
0,020	0,933	0,515	0,55
0,025	1,167	0,681	0,7
0,030	1,400	0,818	0,81
0,040	1,867	1,08	1,12
0,050	2,333	1,363	1,39
0,060	2,800	1,635	1,67
0,070	3,267	1,908	1,95
0,080	3,734	2,18	2,23
0,090	4,200	2,453	2,51
0,100	4,667	2,725	2,79

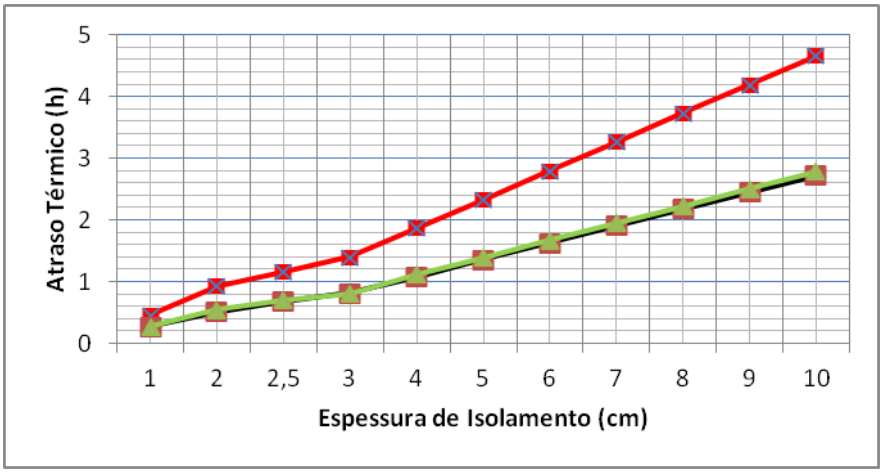


Figura 2.13 – Evolução do atraso térmico com o aumento de espessuras de isolamento (ICB, XPS, MW).

Verificou-se que o aumento da espessura de todos os isolamentos térmicos traduz-se num aumento do atraso térmico e numa diminuição do coeficiente de transmissão térmica (Quadro 2.5 e Figura 2.13).
Com o ICB os atrasos térmicos são sempre superiores a uma vez e meia em relação aos outros isolamentos.
O coeficiente de transmissão térmica não é suficiente para caracterizar termicamente uma solução construtiva sujeita a um regime variável de temperatura, tendo-se avaliado as diferenças de atraso térmico em função do tipo de isolamento térmico. Os resultados obtidos permitiram concluir que a composição do sistema faz variar o número de horas de atraso térmico.
Conclui-se que, com o isolamento térmico ICB, uma variação de temperatura no exterior atingirá mais tarde a superfície interior de um elemento construtivo do que com um sistema com os outros isolamentos testados.

2.7.2. Durabilidade de Aglomerado de Cortiça Expandida

No ano de 2009, foi demolido um complexo de armazéns frigoríficos em Matosinhos (FRIGOMATO) que servia de entreposto no grande Porto, recebia frios e congelados e distribuía-os por outros armazéns da zona.

Foi construído em 1964 e terminou a sua atividade em 2006, devido a mudança de instalações.

O isolamento dos armazéns frigoríficos era constituído por placas de aglomerado de cortiça expandida devidamente isoladas e revestidas, aplicadas à data da construção do complexo. O isolamento esteve sujeito a condições extremas de humidade, temperatura e desgaste durante décadas.

Figura 2.14 – Aglomerado negro resultante da demolição dos armazéns frigoríficos.

A Amorim Isolamentos SA requisitou ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) ensaios das características da condutibilidade térmica de amostras de aglomerado de cortiça expandida, resultante da demolição dos armazéns frigoríficos, no sentido de poder reciclar e reutilizar este material (Fig.2.14).

Os ensaios foram realizados perante a Norma Europeia EN 12667:2001 – "*Thermal performance of building materials and Products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods – Products of high and medium thermal resistance"* .

O ensaio incidiu sobre cinco provetes (amostras entregues pelo requerente), com as dimensões nominais de 300 mm x 300 mm x 50 mm, tendo como objetivo avaliar a condutibilidade térmica.

Quadro 2.6 – Ensaio da condutibilidade térmica do aglomerado de cortiça expandida.

Provete	Características do provete			Condições de ensaio					Resultados do ensaio
	Espessura de ensaio	**Massa volúmica aparente após condic.**	Variação relativa de massa durante a secagem (*)	Direcção e sentido do fluxo	**Temp^a média**	Queda de temp^a	Densidade de fluxo de calor	Variação relativa de massa durante o ensaio	**Condutibilidade térmica**
	(mm)	**(kg/m^3)**	(kg/kg)		**(ºC)**	(ºC)	(W/m^2)	(kg/kg)	**(W/m. ºC)**
A1	28,5	**110,8**	0,029	Vertical, ascendente	**9,9**	16,4	22,4	0,001	**0,0390**
A2	28,3	**101,5**	0,036		**9,9**	16,5	22,8	0,002	**0,0391**
A3	28,4	**108,6**	0,039		**10,0**	16,4	22,5	0,002	**0,0390**
A4	28,3	**98,4**	0,036		**10,0**	16,4	22,7	0,001	**0,0391**
A5	28,3	**106,9**	0,036		**10,0**	16,5	23,3	0,002	**0,0399**
Média	---	**105**	---	---	**10,0**	---	---	---	**0,0392**

Após a realização dos ensaios normalizados (Quadro 2.6), as cinco amostras apresentaram uma condutibilidade média de 0,0392 ($W.m^{-1}.°C^{-1}$). Apesar da quantidade limitada das amostras perante o grande volume de ICB a ser removido, pode ter-se a perceção que, passados 45 anos, o ICB não perdeu características térmicas uma vez que a condutibilidade térmica de um novo ICB apresenta com uma variação entre 0,036 e 0,040 ($W.m^{-1}.°C^{-1}$).

2.7.3. UM MATERIAL 100 % ECOLÓGICO E SUSTENTÁVEL

Em Portugal, a eficiência energética e construção sustentável têm vindo a ser uma preocupação crescente, não só por imposição de alterações na legislação europeia e os compromissos assumidos no protocolo de Kyoto para a redução da emissão dos gases com efeito de estufa, mas também motivada pelos custos crescentes da energia.

A União Europeia tem promovido a eficiência energética em todos os sectores, com vista à redução do consumo dos combustíveis fósseis, e implementando medidas da exploração de fontes de energia renováveis. O problema energético é um dos maiores desafios que a Europa enfrenta atualmente. A crescente dependência das importações põe em risco a competitividade e o futuro da Europa.

Na construção, por exemplo, o uso de materiais isolantes que contribuam para a redução das perdas de calor não significa que tenhamos em mãos um material sustentável. Esse material apesar de ter boas características, poderá incorporar muita energia ao longo do seu processo de fabrico, transporte, manutenção, demolição e reciclagem, se for o caso.

Segundo a empresa B On Green, atualmente 50 % dos recursos materiais extraídos da natureza são destinados ao sector da construção e mais de 50 % da produção nacional de resíduos provém do mesmo sector. A energia intrínseca dos materiais é apenas 10 % do total da energia de operação. Neste sentido, é necessário conhecer o ciclo de vida de cada material e o sistema construtivo como um todo de modo a minimizar a pegada ecológica.

Com o aglomerado de cortiça expandida estamos perante um material que contribui para a redução das emissões de CO_2, uma vez que se origina a partir de uma espécie vegetal que, ao realizar a fotossíntese fixa o carbono atmosférico nos seus constituintes. Uma vez que este produto não é sujeito a combustão, o carbono incorporado na cortiça, não regressa à atmosfera.

Segundo a Corticeira Amorim, o montado português representou, em 2006, um sumidouro de cerca de 4,8 milhões de toneladas de CO_2 (fixação de 5% das emissões totais de CO_2).

O carbono fixado pelos sobreiros é armazenado na cortiça e nos subprodutos produzidos e aí se mantém durante todo o tempo de vida útil do produto. A reciclagem atrasa a emissão desse carbono de volta para a atmosfera.

O descortiçamento é feito sem matar ou ferir a árvore não alterando de nenhum modo o ecossistema que a rodeia. No seu processo de fabrico, a energia dispensada é conferida por desperdícios de biomassa vegetal. Não existe a necessidade de juntar substâncias aglutinantes para a produção do ICB. Os gases gerados no processo de fabrico não têm quaisquer substâncias prejudiciais ao ser humano ou para o meio ambiente. O material é reutilizável não perdendo as suas características intrínsecas.

Segundo a Corticeira Amorim, é favorecido o transporte por via marítima em detrimento a rodoviária, uma vez que a primeira é menos poluente.

Atualmente as mais variadas empresas de produtos ou sistemas construtivos têm no seu guião produtos com a designação ECO, GREEN ou SUSTENTÁVEL, soluções essas que normalmente incorporam cortiça como material constituinte.

Atualmente a palavra CORK assume um significado de carácter ambiental e natural.

3

COMPÓSITO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

3.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS ETICS

No pós-guerra, anos 40 do século XX, com a difícil situação económica que a Europa atravessava e a consequente escassez de energia, foi inevitável a necessidade de alterar a maneira como se pensava a construção, tendo surgido o recurso ao uso de isolamento térmico na envolvente dos edifícios.

Alguns autores atribuem a Edwin Horbach o desenvolvimento dos sistemas de reboco delgado armado sobre poliestireno expandido depois de, na Suécia, se ter iniciado o isolamento de fachadas pelo exterior utilizando lã mineral revestida com um reboco de cimento e cal. Edwin Horbach testou diferentes composições de reboco, diversos produtos de reforço e vários materiais de isolamento. O seu sistema de isolamento térmico começou a ser utilizado no final dos anos 50, por via de um fabricante de isolamento térmico alemão.

Foi na Alemanha, no final dos anos 50, que o sistema de isolamento térmico pelo exterior foi utilizado pela primeira vez em grande escala. O objetivo inicial visava impedir que os grãos de açúcar em silos se pegassem sob a ação da condensação. No início da década seguinte ocorreu, no mesmo país, a primeira utilização doméstica do sistema de isolamento.

Após a crise do petróleo, na década de 70, os sistemas que visavam a poupança de energia e regulavam o ambiente interno dos edifícios começaram a ter uma utilização generalizada por todo o globo terrestre. Atualmente, na Alemanha, onde o sistema mais desenvolvimento sofreu, cerca de 60% das novas construções são equipadas com sistemas de isolamento térmico pelo exterior.

Frank Morsilli introduziu os ETICS (*External Termical Insulation Composite System*) nos Estados Unidos da América no final dos anos 60. Após alguma resistência inicial, foi também em virtude da crise energética (final dos anos 60 e início dos anos 70) que aumentou o interesse pelo isolamento térmico pelo exterior. Neste país, o sistema sofreu algumas alterações para que se adaptasse melhor ao tipo de construção existente que utilizava, por exemplo, menor espessura de reboco.

Em Portugal, foi apenas no final do século XX que se verificou a introdução, de uma forma definitiva, dos sistemas de reboco delgado armado sobre poliestireno expandido o que, por sua vez, deu início ao uso de outro tipo de isolamentos como a lã rocha, e a cortiça e ao aparecimento de marcas com produtos e soluções de sistemas mais eficientes e ecológicos.

Em países como a Suíça e a Áustria, o uso de soluções ecológicas tem vindo a ter um crescimento gradual sendo a cortiça um material normalmente empregue nas mais variáveis soluções construtivas.

3.2. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

3.2.1 SUPORTE

Estes sistemas construtivos são aplicados em superfícies planas verticais exteriores, fachadas, empenas e em superfícies cujo ângulo com a vertical não exceda os 5º.

Os suportes podem ser constituídos por paredes de alvenaria de tijolo, blocos de betão, pedra, betão celular, painéis pré-fabricados de betão, blocos de betão leve com argila expandida, taipa, adobe, entre outros.

A utilização do sistema na reabilitação em edifícios modernos surge na segunda metade do século XX. Este pode ser aplicado em suportes pintados com revestimentos orgânicos ou minerais desde que convenientemente tratados, especialmente no caso em que não seja adotada fixação mecânica do isolamento.

Os suportes devem estar limpos de poeiras, areias, produtos descofrantes, materiais ou tintas desagregadas, eflorescências e destacamentos de rebocos. Essas superfícies devem ser devidamente reparadas, bem como qualquer tipo de anomalia que influencie negativamente a capacidade de aderência.

No caso de aplicação do sistema sobre um revestimento cerâmico, este deve apresentar uma aderência adequada, caso contrário, deve ser removido.

Poderão ser realizados ensaios de aderência do produto colante ao suporte de forma a solucionar um eventual tratamento da superfície.

Devem ser analisados aspetos relevantes como dimensão da área a revestir, planeza da superfície, dimensão e forma dos vãos e dos peitoris, localização e forma de fixação das tubagens da rede de drenagem de águas pluviais, existência de terraços e varandas, juntas de dilatação, tipo de instalação elétrica, tipo de cobertura e configuração do seu contorno, existência de grelhas de ventilação e identificação de todos os outros elementos a fixar nas fachadas.

3.2.2 MATERIAIS

3.2.2.1 Produto de colagem

É o produto de preparação do ligante para a fixação por aderência do isolamento térmico ao suporte, geralmente este produto também é usado como camada de base. As diversas marcas que o fabricam apresentam-no com compostos diversificados. Uns, com uma vertente mais ecológica, apresentam uma base de gesso ou cal aérea com ou sem adição de cimento. Na preparação em obra apenas se incorpora água e/ou um acelerador de presa natural.

Outros apresentam a mesma solução de ligante para os diferentes tipos de material isolante, com uma composição à base de copolímeros em emulsão aquosa com cargas selecionadas e agregados. Estas ultimas dispersões em pasta sofreram algumas alterações nos últimos tempos devido à má preparação em obra motivada por erros na dosagem de cimento que comprometiam as características e qualidade do ligante. Apareceram produtos monocomponente, incorporando resinas redispersáveis que evitam as variações de proporção entre componentes principais não alterando as características principais do produto. A Referência Normativa para estes produtos é a EN 998-1 de onde se obtêm as características e requisitos normativos. Considerando alguns: Reação ao fogo (EN 13501-1); Resistência à compressão (EN 1015-11); Absorção de água por capilaridade (EN 1015-18); Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (EN 1745); Condutividade térmica (EN 1745). Outras Referências Normativas apresentadas são relativas à aderência: (EN 1346), (EN 1348) e (EN 1308).

Estes produtos apresentam-se em obra em *big-bags*, baldes ou sacos de 25 kg (Fig. 3.1). Para a sua preparação é adicionada apenas água, uma mistura com um determinado ligante (resina) ou a adição de cimento Portland.

A fase da colagem do isolamento é das ações mais importantes, neste tipo de sistemas, visto um grande número de patologias estarem associadas a esta tarefa.

O gradiente de temperatura principal reside no interior do painel de isolamento. Esta é a principal razão para as tensões nos produtos de colagem usados para fixar os painéis ao suporte. As tensões nos bordos das placas são relativamente elevadas e, neste contexto, é exigível que as colas sejam de alta qualidade. [4]

Figura 3.1 – Várias marcas de produtos de colagem em sacos de 25 kg.

3.2.2.2 Isolamento Térmico

O isolamento térmico, aglomerado de cortiça expandida, destina-se a aumentar a resistência térmica da parede.

Os aglomerados de cortiça expandida utilizados no sistema ETICS, designam-se por aglomerados *standard* ou térmicos com uma massa volúmica na ordem dos 120 $kg.m^{-3}$. Apresentam-se no mercado em volumes de 12 a 19 kg com, respetivamente, 15 a 4 placas de espessura variada e arestas vivas lineares. As placas são aplicadas com a dimensão *standard* de 1000 x 500mm, com a possibilidade de serem facilmente cortadas e adaptadas à dimensão da superfície. A espessura de isolamento térmico a utilizar deverá ser definida pelo cálculo térmico e corresponder à norma de referência, nunca utilizando espessuras inferiores a 40 mm, de modo a não por em risco a estabilidade devido aos elevados esforços no interior do painel.

Quadro 3.1 - Dados técnicos do isolamento térmico.

Densidade	de 105 a 125 kg/m^3	NP EN 1602
Coeficiente de condutividade térmica	0,040 W/mk	EN 12667:2001
Temperaturas de utilização	de -180ºC a +140ºC	NP EN 822
Dimensões	1000x500mm	
Tensão de ruptura à flexão	de 1,4 a 2,0 kgf/cm^2	NP EN 12089:1997
Permeância ao Vapor de Água	386ng/Pa.sm^2	NP EN 12086:1997
Difusão térmica	1,4x10^{-7}/1,9x10^{-7} m^2/s	
Tensão de Compressão a 10%	≥ 100 Kpa	NP EN 826:1996
Espessuras	de 10mm a 300mm	NP EN 823
Classe de fogo	Euroclasse E	NP EN 13501-1:2007
Classe de fogo	B-s1,d0 – Sistemas ETICS	NP EN 13501-1:2007
Durabilidade	Ilimitada, sem perda de propriedades	
Comportamento no isolamento de ruídos de percussão e aéreos	Excelente	
Elasticidade	Elevada	

Os dados apresentados acima (Quadro 3.1) referem-se a uma ficha de produto apresentada por um fabricante de um ICB vocacionado para o sistema ETICS segundo a norma EN 13170:2008 (*Thermal Insulation Products for Buildings. Factory Made Products of Expanded Cork (ICB) Specification*).

De acordo com as especificações da ETAG 004, ao isolamento térmico terão de ser realizados ensaios de caracterização e identidade: determinação da classe de reação ao fogo (EN 13501-1); absorção de água em período curto por imersão parcial ≤ 1 kg/m^2, após 24 h de imersão parcial (ETAG 004 e NP EN 1609); permeabilidade ao vapor de água (NP EN 12086); resistência à tração perpendicular às faces em condições secas e húmidas (NP EN 1607); resistência ao corte ≥ 0,02 N/mm^2 (ETAG 004 e NP EN 12090); módulo de elasticidade transversal ≥ 1,0 N/mm^2, (ETAG 004 e NP EN 12090); resistência térmica (EN 12667 e EN 12939); massa volúmica (EN 1602); características dimensionais (EN 822 e EN 823); resistência à compressão (EN 826); e estabilidade dimensional (EN 1603).

Os valores de Isolamento Térmico por espessura de placas de aglomerado de cortiça expandida são os que a seguir se apresentam (Quadro 3.2):

Quadro 3.2 – Valores de Condutância Térmica em função da espessura (K= Condutância Térmica).

Valores de Condutância Térmica	
Espessura (mm)	K (W/m² K)
10	4,00
20	2,00
30	1,33
40	1,00
50	0,80
60	0,67
70	0,57
80	0,50
90	0,44
100	0,40

Quanto aos indicadores ecológicos, o aglomerado de cortiça expandida (Fig. 3.2) apresenta um alto tempo de atraso (13 horas para 20 cm de aglomerado de cortiça expandida), uma energia primária muito baixa, é um fixador de carbono, contribuindo para a redução do efeito de estufa e é um material reciclável a 100%.

Figura 3.2 – Aglomerado de cortiça expandida (ICB).

3.2.2.3 Armaduras

São utilizadas redes de fibra de vidro (Fig. 3.3) tecidas ou termo-coladas, incorporadas na camada de base, com tratamento de proteção antialcalino.

As armaduras têm uma abertura de malha entre os 3 mm e os 6 mm, a sua resistência à tração deve melhorar a resistência à fissuração e aos choques no sistema. As várias camadas constituintes têm diferentes condutibilidades térmicas e coeficientes de dilatação térmica, e estão sujeitas a variações termo-higrométricas que geram tensões de tração no interior das camadas e tensões de corte nas interfaces. Neste sentido as armaduras têm um papel importante no reforço da camada de base.

As armaduras podem ser normais ou reforçadas. As normais servem essencialmente para melhorar a resistência mecânica do reboco, as reforçadas são utilizadas como complemento da armadura normal e são inseridas em pontos singulares onde a resistência deva ser maior.

As armaduras apresentam-se no mercado em rolos com 1 x 50 m para a rede normal (massa superficial de 150 a 300 $g.m^{-2}$) e com 1 x 25 m para a rede reforçada (massa superficial de 400 a 600 $g.m^{-2}$) e deverão apresentar uma resistência superior a 25 $N.mm^{-1}$.

Nas especificações da ETAG 004, serão realizados ensaios de caracterização/comportamento e identificação: resistência à tração de redes, no estado novo e após envelhecimento, $\geq$ 50% da resistência no estado novo e $\geq$ 20 N/mm, massa por unidade de superfície e dimensão da malha das redes. As características das armaduras são definidas no documento "*Certification CSTBat des treillis textiles pour enduits de façade - Définition des caractéristiques des armatures utilisées dans les systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolants*". [6]

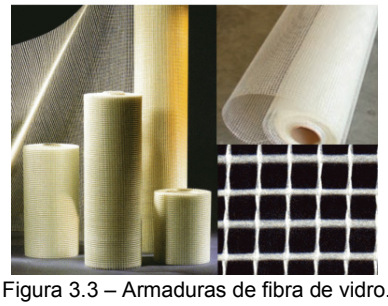


Figura 3.3 – Armaduras de fibra de vidro.

3.2.2.4 Produto da camada de base

É uma argamassa normalmente idêntica à camada de colagem de espessura final que varia entre os 2 e 6 mm, garantindo o completo recobrimento da armadura, com propriedades necessárias a garantir uma boa aderência ao isolamento, uma melhoria da resistência à fissuração e um maior reforço da resistência aos choques. A argamassa pode ter uma base de cal aérea, ou de cimento composto por resinas sintéticas.

Entre as duas demãos faz-se um intervalo de algumas horas. A última camada deve ser plana e compacta. As suas características estão diretamente relacionadas com o bom ou mau funcionamento do sistema.

A Referência Normativa para estes produtos é a EN 998-1 de onde se obtêm as características e requisitos normativos. Considerando alguns: Reação ao fogo (EN 13501-1), Resistência à compressão (EN 1015-11), Aderência Absorção de água por capilaridade (EN 1015-18), Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (EN 1745), Condutividade térmica (EN 1745). Outras Referências Normativas apresentadas são relativas à aderência: (EN 1346), (EN 1348), (EN 1308).

Nas especificações da ETAG 004, serão realizados ensaios de caracterização: tração da camada de base armada; e ensaios de identificação do produto em bruto: ensaio de massa volúmica aparente; teor em cinzas a 400 °C e a 900 °C; extrato seco a 105 °C; e análise granulométrica.

Estes produtos apresentam-se em obra em big-bags, baldes ou sacos de 25 kg (Fig. 3.4). Para a sua preparação é adicionada apenas água, uma mistura com um determinado ligante (resina) ou a adição de cimento Portland.

Figura 3.4 – Produtos de argamassa para camada de base em sacos de 25 kg.

3.2.2.5 Primário de fixação do revestimento final

O primário de fixação do revestimento final é um produto opaco, normalmente branco, à base de copolímeros sintéticos em emulsão aquosa e é aplicado sobre a camada de base (Fig. 3.5). É necessário que o produto seja compatível com a alcalinidade da camada anterior. A função da camada de primário é regular a absorção e melhorar a aderência da camada de acabamento.

Figura 3.5 – Produtos de soluções aquosas de regulador de fundo de 20 Kg.

3.2.2.6 Revestimento final

A aplicação é feita sobre a segunda camada ou sobre a camada de primário. É utilizado um revestimento delgado para paredes, pronto a aplicar, à base de polímeros sintéticos em emulsão aquosa com cargas minerais, pigmentos orgânicos e/ou inorgânicos e aditivos (Fig. 3.6). Existe, também, a solução de ser efetuada uma pintura à base de cal e silicatos com ou sem pigmentação. Qualquer uma das soluções anteriores deve apresentar uma tonalidade de cores claras e sem grandes discrepâncias de cor entre os vários painéis do edifício. Não é recomendada a utilização de cores com coeficiente de absorção de radiação solar superior a 0,7. Na opção tomada deverá ter-se em consideração a resistência a agentes microbiológicos caso se verifiquem condições favoráveis ao seu crescimento.

O revestimento final contribui para a proteção do sistema contra os agentes atmosféricos, resistência aos choques e assegura o aspeto decorativo sem pôr em causa a permeabilidade ao vapor de água.

Nas especificações da ETAG 004, serão realizados ensaios de caracterização: desenvolvimento da resistência ao desenvolvimento de fungos; e ensaios de identificação: massa volúmica do produto em bruto; teor em cinzas a 450 °C e a 900 °C; extrato seco a 105 °C; e pH dos produtos.

Figura 3.6 – Produtos de acabamento final.

3.2.2.7 Fixação mecânica do isolamento

As fixações mecânicas são regulamentadas pela ETAG 014 (*Guideline for European Technical Approval of Plastic Anchors for Fixing of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*).

Apesar da colagem conferir estabilidade ao sistema, recomenda-se, a partir dos 15 a 20 metros de altura, devido aos efeitos do vento, a fixação mecânica. As fixações destinam-se tanto a fixar as placas provisoriamente até a secagem como também, em caso de descolagem, evitar a sua queda.

A fixação mecânica é indicada para reabilitação de edifícios uma vez que são menos exigentes no que diz respeito à qualidade do suporte. Muitas vezes, devido às heterogeneidades irreconhecíveis da sua capacidade de carga e também da capacidade dos produtos de colagem, torna-se difícil terem uma boa aderência por toda a superfície o que torna a fixação mecânica a única solução viável para ter uma estabilidade garantida.

Com esta solução é possível dispensar a decapagem da pintura limitando as exigências de coesão das camadas superficiais do suporte.

O tratamento de uma fachada com alguns anos pode tornar-se extremamente dispendioso e complexo. No caso de se optar por fixação mecânica, a preparação do suporte apenas se limita a uma remoção de eflorescências, descasques de pintura e reposição de partes soltas.

Quando as placas de isolamento são apenas coladas ao suporte o peso de um ETICS é passado para a parede através de forças de cisalhamento. A cola é a única ligação entre a parede e o isolamento. Com a aplicação de uma ancoragem teremos uma decomposição de forças. Uma pressão de contacto entre o isolamento e o adesivo, bem como entre o suporte e o adesivo, dará uma maior estabilidade a todo o sistema (Fig. 3.7). [5]

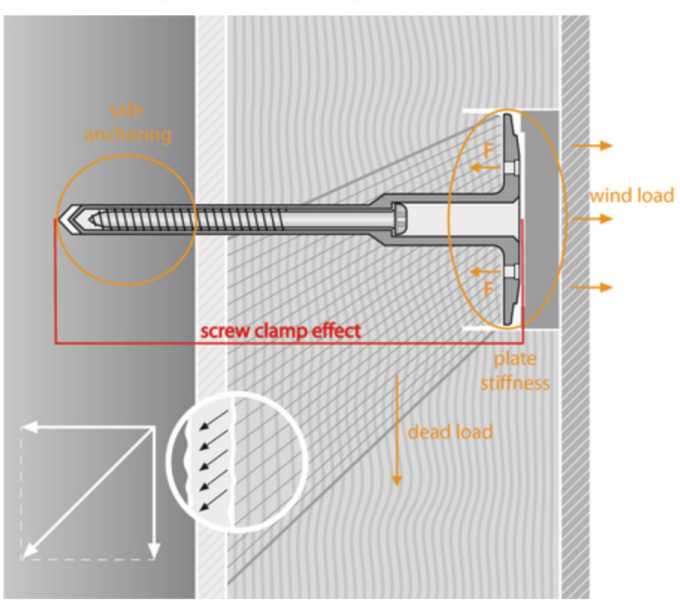


Figura 3.7 – Decomposição de esforços numa ancoragem.

Uma fachada está sujeita a influências higrotérmicas, sendo as variações normais de temperatura uma das solicitações a que mais se deve ter em atenção devido aos esforços criados entre os diversos elementos que compõem o sistema. No caso de um painel unicamente colado, existe a possibilidade, devido à falta de juntas de expansão, da cola não acompanhar os esforços do material e haver um destacamento das peças (Fig. 3.8). [5]

Figura 3.8 – Deformações nas placas por variações elevadas de temperatura.

As ancoragens adicionais na área das juncões das placas e também no centro reduzem o risco de futuras patologias por destacamento do isolamento (Fig. 3.9).

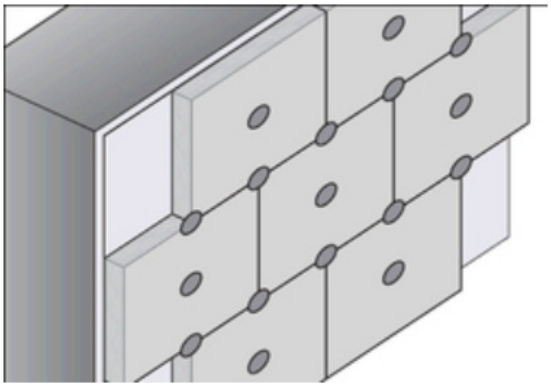


Figura 3.9 – Fixação adicional das placas de isolamento.

Em edifícios altos, o vento exerce esforços de tração vertical sobre a junta adesiva, cuja zona de maior solicitação é a intersecção do suporte/cola do isolamento. O vento exerce esforços mais elevados em áreas mais expostas, bordos de construção, zonas costeiras e em casos de tempestade. [5]

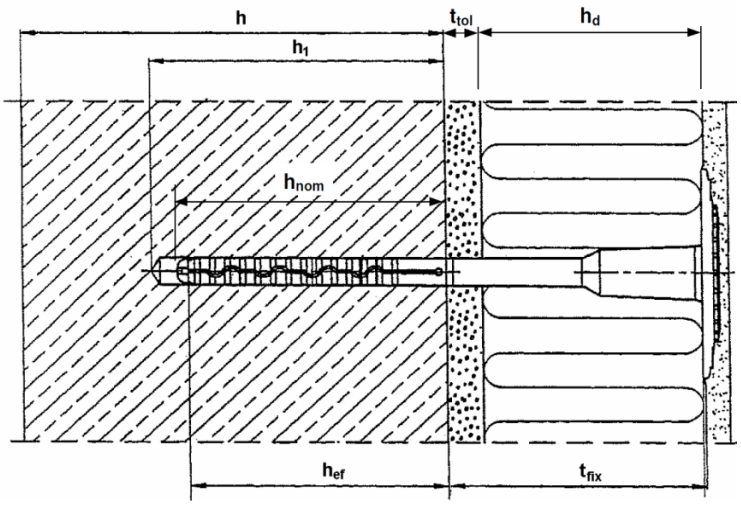
A fixação de uma ancoragem (Fig. 3.10) tem que ser realizada em função do suporte existente para que possa haver um perfeito encaixe. A ETAG 014 distingue os diferentes tipos de suportes para assim facilitar a atribuição do respetivo tipo de bucha a aplicar, como a seguir se indica: Suporte Categoria A - Betão; Categoria B - Alvenaria de tijolo maciço; Categoria C - Alvenaria de tijolo perfurado; Categoria D - Betão de inertes leves; e Categoria E - Betão celular autoclavado.

Segundo a ETAG 014, se o tipo de bucha a ser utilizado corresponde a uma determinada categoria de suporte, a ancoragem pode ser realizada sem a necessidade de efetuar cálculos adicionais de estabilidade. Quanto ao número de ancoragens a realizar, os valores da ficha do material devem ser os considerados para uma atribuição correta.

No caso de um suporte não estar em conformidade com a designação de uma ETA para o qual a bucha foi determinada, essa bucha não pode ser utilizada. Se um suporte não estiver referenciado na ETA, podem ser realizados ensaios de arrancamento sobre o suporte, conforme descrito na ETA. Nos casos de reabilitação, se houver alguma suspeição sobre o tipo ou a qualidade de suporte, devem estar previstos ensaios de arrancamento conforme referido anteriormente. Para que seja possível adaptar uma bucha ao suporte existente, nos ensaios a realizar, as ancoragens têm de ter uma capacidade de resistência ao arranque entre 0,6 e 1,5 kN.

Na escolha da bucha a ser aplicada (Fig. 3.11) também se deve dar atenção à verificação total da superfície de isolamento, que deve ser homogénea e ao revestimento, que deve ser aplicado uniformemente. Deve facilitar-se a execução com fornecimento dos meios necessários e comparar com outras buchas tendo em conta a profundidade efetiva e a profundidade nominal, analisando os diferentes materiais constituintes do suporte.

A determinação correta do comprimento de ancoragem é um pré-requisito fundamental para obter um perfeito fecho de segurança o mais elevado possível, as condições específicas de cada objeto têm sempre de ser tidas em conta.



h – Espessura do suporte
h_1 – Profundidade de furação
h_{ef} – Profundidade de ancoragem eficaz
h_{nom} – Profundidade de ancoragem nominal ($h_{nom} \geq h_{ef}$)
h_d – Espessura do isolamento
t_{tol} – Espessura de compensação tolerância

$h_{nom} + t_{tol} + h_d = l$
Comprimento de ancoragem necessário

Figura 3.10 – Fixação de uma ancoragem.

Não havendo especificações em contrário, e de acordo com a ETAG 014, a ancoragem nominal (h_{nom}) é igual a ancoragem efetiva (h_{ef}). No caso de uma reabilitação a compensação de tolerância (t_{tol}) é composta pela espessura do reboco antigo (normalmente de 20 mm), pela espessura da junta adesiva em carga (que normalmente ronda os 10 mm) e por uma compensação adicional de irregularidade da fachada.

O número de ancoragens necessárias é definido individualmente para cada edifício, sendo determinantes a exposição ao vento mediante a orientação das fachadas, a altura do edifício e a sua envolvente. Quanto maior for a influência do fator vento, maior será o numero de ancoragens a realizar por m^2.

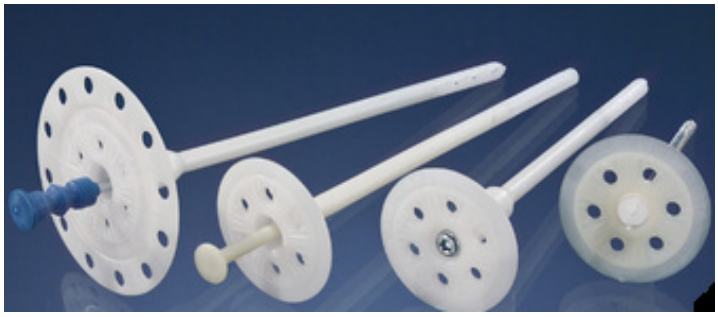


Figura 3.11 – Vários modelos de buchas.

3.2.2.8 Acessórios

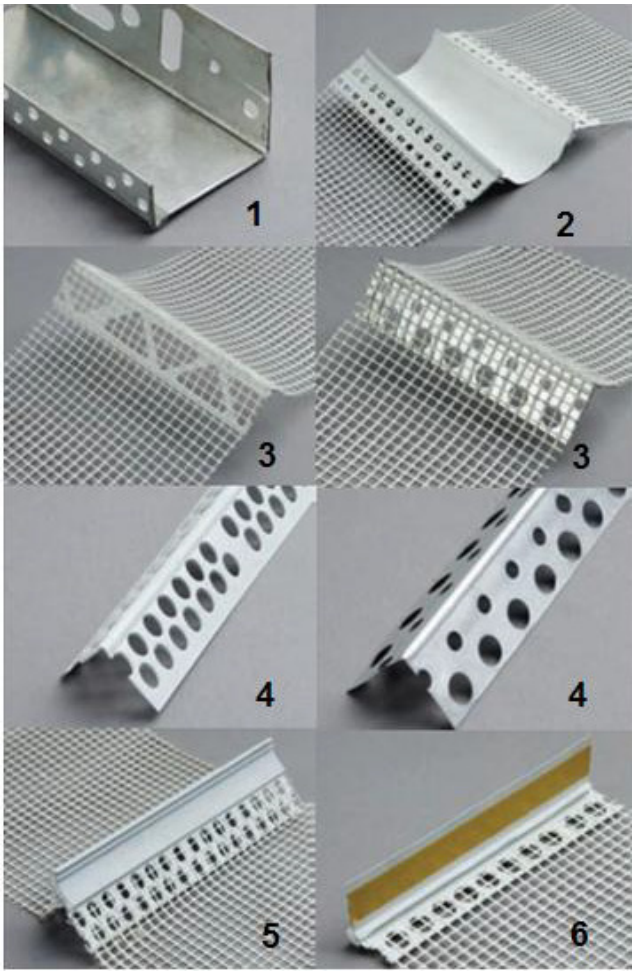
Estes sistemas incluem os componentes utilizados para reforço de pontos singulares e de ligação com elementos construtivos (Figura 3.12) e servem para assegurar a continuidade do sistema.

Normalmente este tipo de componentes é desenvolvido pelo fabricante do sistema e, muitas vezes, é onde se observa a diferenciação entre as diversas marcas.

Para reforço das arestas do sistema são utilizados perfis em alumínio, fibra de vidro, PVC ou aço inoxidável com ou sem armaduras de fibra de vidro.

Para preenchimento de juntas, de forma a garantir a estanquidade à água entre o sistema e os elementos construtivos, os componentes devem ser homologados. São geralmente utilizados mástiques elastómeros ou plásticos de primeira categoria (silicone, poliuretano, acrílicos, etc.) e cordões de espuma impregnada pré-comprimida. Nas juntas de dilatação estruturais deverão ser aplicados perfis cobre-juntas.

Nas especificações da ETAG 004, serão realizados ensaios de identificação: massa por unidade; dimensões; teor em cinzas nos perfis de plástico; e temperatura de amolecimento.



1 – Perfil de arranque em alumínio;

2 – Perfil de junta de dilatação em PVC;

3 – Cantoneira perfurada em alumínio ou PVC com rede para reforço;

4 - Cantoneira perfurada em alumínio ou PVC sem rede;

5 – Perfil perfurado em PVC com rede para pingadeira de janelas e portas;

6 – Perfil em PVC com rede para remate com caixilhos de janela;

Figura 3.12 – Acessórios.

3.2.3 EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

3.2.3.1 Análise e preparação do suporte

Para dar início à colagem do isolamento térmico, os suportes deverão apresentar uma superfície plana, coesa e sem irregularidades.

A superfície a revestir não deverá apresentar poeiras, partículas desagregadas, indícios de humidade provocada pela chuva ou com outras causas. Aquando da execução dum paramento novo (suporte) dever-se-á ter um tempo de espera à volta dos quarenta dias antes de se dar início aos trabalhos.

Se o suporte for um muro novo de betão dever-se-á ter em atenção à existência de rebarbas e restos de cofragem e à incompatibilidade do agente de descofragem com as argamassas de colagem. Caso haja incompatibilidade poder-se-á realizar uma decapagem ou então fazer um reboco compatível com as argamassas de colagem.

No caso de uma reabilitação, o paramento deverá apresentar as mesmas exigências referidas anteriormente. Se existirem fissuras, destacamentos de rebocos, sais solúveis ou corrosão de armaduras, no caso das paredes de betão, deverão ser realizadas todas as ações para eliminar essas patologias.

Quando existe um revestimento cerâmico, este deve apresentar uma aderência adequada, caso contrário, deve ser removido. Devem ser sempre realizados ensaios de aderência.

Todas as pinturas ou revestimentos orgânicos existentes (revestimentos de impermeabilização e revestimentos plásticos espessos ou semi espessos) devem ser removidos por decapagem. Em função dos produtos a eliminar, poderá ser utilizada a decapagem química, térmica, mecânica, ou com jacto de areia ou de água. Este procedimento deverá ser executado em toda a superfície. [6]

3.2.3.2 Condições de aplicação do sistema

Não devem ser realizados trabalhos de colagem e rebocos durante períodos de chuva, neve, com temperaturas inferiores a 5 °C, em casos de exposição ao sol nos meses de verão, com temperaturas superiores a 30 °C ou quando existam ventos fortes.

Aquando da execução, se houver proteção com toldos contra a chuva ou sol direto, deverá haver a preocupação de proteger as zonas superiores devido às possíveis infiltrações que possam ocorrer entre o suporte e o isolamento térmico.

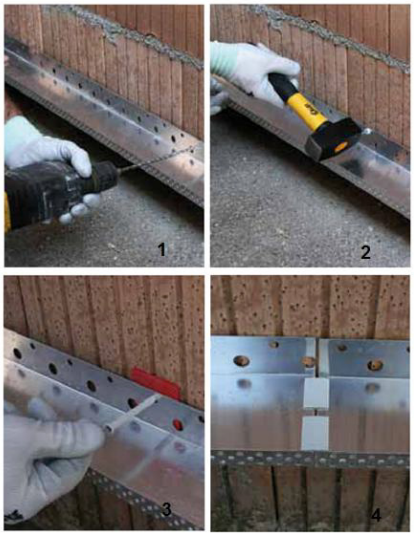
As instalações removidas, no caso das reabilitações, deverão garantir todos os escoamentos de águas sem que haja contacto com o suporte ou materiais do sistema.

3.2.3.3 Montagem dos perfis de arranque e laterais

Após a preparação do suporte para o início dos trabalhos, dar-se-á início à montagem dos perfis de arranque (Fig. 3.13).

Os perfis de arranque, adaptados às espessuras das placas de isolamento térmico, são colocados horizontalmente no limite inferior da zona a revestir. Para sua fixação serão utilizadas buchas, parafusos e eventuais cunhas no caso de irregularidades do suporte. O afastamento das fixações

dos parafusos não deve ser superior a 30 cm. Deverá existir uma fixação a menos de 5 cm nas extremidades (Fig. 3.14).



1 e 2 – Fixação dos perfis de arranque;

3 – Colocação de cunhas;

4 – Junções em PVC.

Figura 3.13 – Montagem dos perfis de arranque.

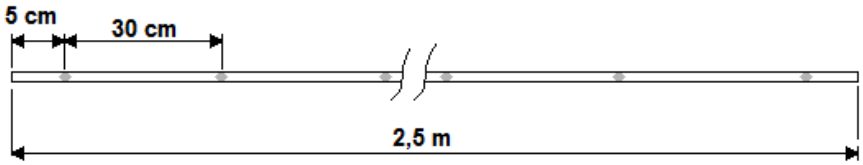


Figura 3.14 – Afastamentos das fixações.

Caso a face inferior do perfil seja revestida com o reboco armado, a armadura deverá ser colada diretamente sobre o suporte, antes da aplicação do perfil, e posteriormente dobrada sobre o isolamento.

Entre os perfis deverão existir espaçamentos de 2 a 3 mm para permitir a sua dilatação e devem ser reforçados com rede de fibra de vidro 0,3 x 0,3 m (Fig. 3.15). A fixação dos perfis laterais executa-se de igual forma à dos perfis de arranque. No caso de suportes com alguma irregularidade, os perfis devem ser inicialmente colocados sobre um faixa de cola para impedir ventilação da interface entre isolamento e o suporte.

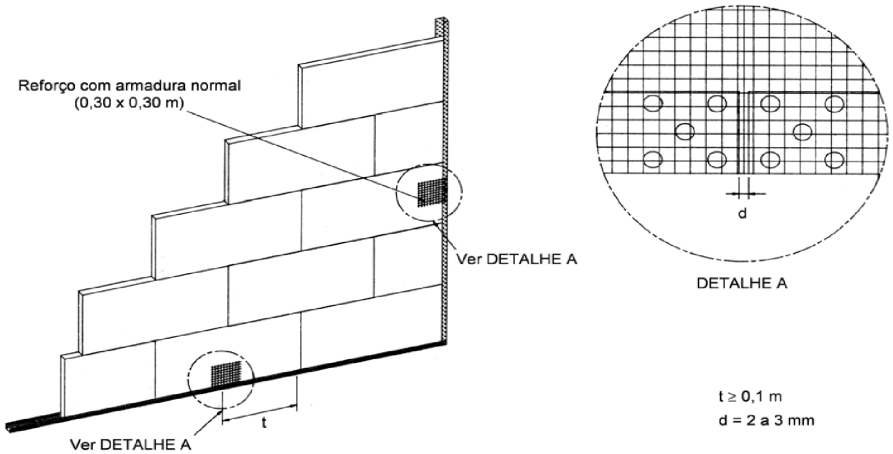


Figura 3.15 – Reforço das juntas entre perfis de arranque e laterais.

3.2.3.4 Aplicação do produto de colagem

Caso a solução adotada requeira o emprego de cola no sistema, este componente deverá ser alvo de uma atenção especial visto ser um exercício onde normalmente poderão existir grandes deficiências construtivas. Todas as recomendações existentes na ficha do produto deverão ser respeitadas de modo a obter uma solução perfeita.

A cola deve ser aplicada sobre a placa do isolamento, salvo a exceção de ter sido feita uma preparação de decapagem do suporte.

A distribuição da cola nas placas poderá ser realizada de três modos (Fig. 3.16):

1) Aplicação de cola com talocha dentada de dentes largos. A cola é espalhada por toda a superfície da placa, deixando uma faixa com 2 cm para que a cola não preencha as juntas entre as placas.

2) Aplicação de cola em pontos distribuídos regularmente. Acola é distribuída por toda a superfície da placa à razão de 16 pontos por m^2. Considerando uma placa de 1000 x 500mm, aplicam-se entre 8 a 10 pontos. Deve ter-se atenção que a cola não preencha as juntas entre as placas.

3) Aplicação de colagem por bandas. É colocada uma banda de cola de espessura regular em contorno de toda a placa a, pelo menos, 2 cm de distância das extremidades e duas faixas cruzadas no centro. As bandas não deverão ser contínuas para evitar o efeito de ventosa durante a colagem das placas ao suporte.

A distribuição do adesivo nas placas deverá ser feita continuamente caso os suportes sejam regulares. Caso existam superfícies menos regulares, a distribuição da cola deverá ser feita em pontos distribuídos ou em colagem por bandas.

Estudos realizados têm revelado tensões existentes na interface cola/isolamento o que tem suscitado conclusões interessantes acerca do modo como deve ser aplicada a cola. O gradiente principal de tensões devido à variação de temperaturas reside no interior do painel sendo esta a principal razão para as tensões nos adesivos. A deformação linear térmica do painel leva a cisalhamento elevado no adesivo, neste sentido a qualidade do adesivo e a sua distribuição de uma forma homogénea, são duas condições a ter em consideração para o bom desempenho do sistema. A planeza do painel e do suporte devem ser garantidas. [4]

Em fachadas de grande altura deverá ser previsto o uso de cantoneiras horizontais de 5 em 5 m ou então de piso a piso, nas zonas intermédias do edifício.

Figura 3.16 – Distribuição do produto de colagem sobre o ICB.

3.2.3.5 Aplicação do isolamento

As placas de ICB são colocadas de topo a topo, em fiadas horizontais, a partir do perfil horizontal de arranque, dispostas com juntas desencontradas com um mínimo de 1/3 do comprimento de cada placa (Fig. 3.17).

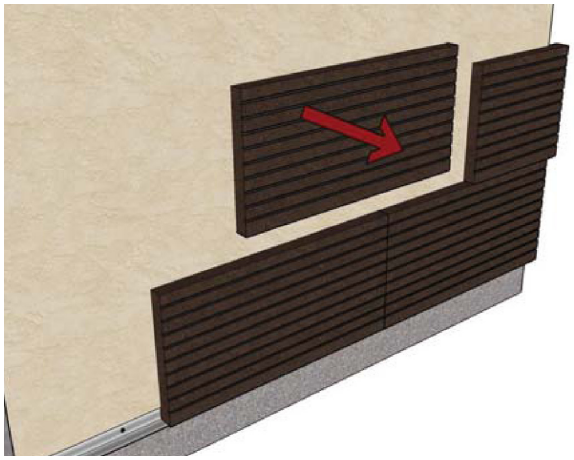


Figura 3.17 – Disposição das placas de isolamento térmico.

As juntas entre placas deverão ser desfasadas das juntas entre dois perfis de arranque como em qualquer outro trabalho do desenvolvimento da aplicação.

Como já referido anteriormente, a cola deve ser preparada meticulosamente conforme as indicações do fabricante, seguindo todos os critérios para o bom desempenho do material.

As placas devem ser colocadas após a aplicação da cola contra o suporte com o auxílio de uma talocha ou um martelo de borracha. A regularidade da superfície deverá ser constantemente verificada com o auxílio de uma régua. Devem tomar-se as precauções necessárias para que não existam desníveis entre placas, no sentido de não ter a necessidade de recorrer ao uso de lixas para tornar a superfície regular.

O recorte e ajuste das placas nos vãos e cantos devem ser realizados após a colagem das placas.

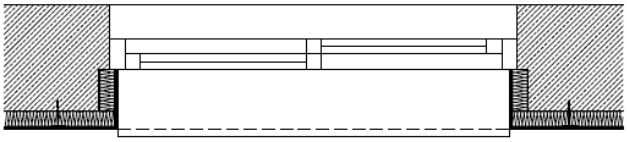
Outros pormenores construtivos serão apresentados no subcapítulo 3.2.4.

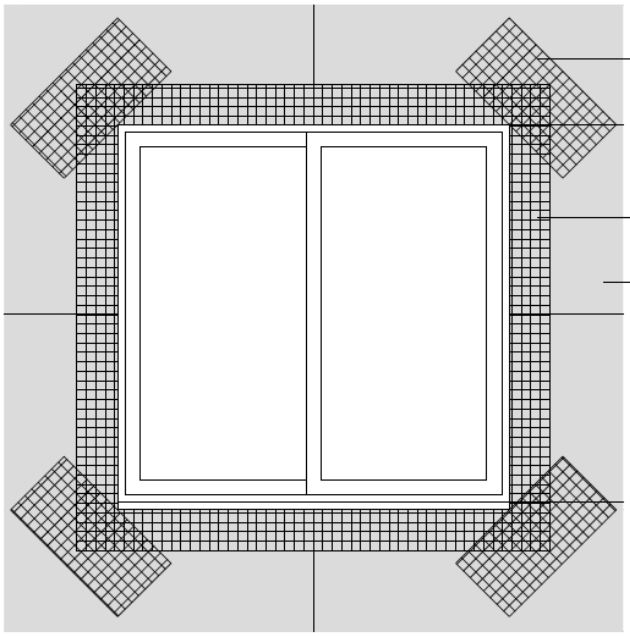
3.2.3.6 Reforço dos pontos singulares

Não devem ser colocados elementos fora do conjunto de acessórios designados pela ETA do sistema.

Nas arestas vivas do sistema são colocadas cantoneiras em PVC ou alumínio, coladas sobre o isolamento, com argamassa igual à da camada de base e sempre aplicadas por baixo da armadura. As juntas entre as cantoneiras não deverão coincidir com as juntas entre placas de isolamento.

Todos os vãos e zonas das juntas entre perfis metálicos deverão ser reforçados com faixas de armadura reforçada sobrepostas sobre a armadura normal (Fig. 3.18).





1 – Reforço com armadura normal (0,60 x 0,30) m;

2 – Remate de cantoneira em PVC ou alumínio com rede;

3 – Placa de ICB.

Figura 3.18 – Reforço com armadura normal nos vértices dos vãos da fachada.

3.2.3.7 Aplicação da fixação mecânica

A fixação mecânica deve ser realizada mediante as indicações definidas pelo fabricante em conformidade com as indicações de projeto. Todos os edifícios têm características diferentes e, neste sentido, a distribuição, o número e o tipo de ancoragens a serem realizadas são variáveis (Fig. 3.19 e 3.20).

Normalmente são utilizadas fixações compostas por buchas em plástico de cabeça circular com, pelo menos, 50 mm de diâmetro e por um prego ou parafuso metálico no seu interior.

A aplicação das buchas deve ser feita com o adesivo ainda não totalmente seco de forma a permitir um possível ajustamento das placas.

Após a fixação, as buchas devem ser revestidas com o produto da camada de base. No final de toda a fixação deve ser feita uma verificação da verticalidade da aplicação com uma régua.

Esta etapa deve ser rigorosamente ponderada, a colagem bem executada por si só confere estabilidade e permite minorar as tensões nas faces das placas de onde resultam os maiores esforços. Como já referido anteriormente, em reabilitações, a sua empregabilidade tem maior relevância.

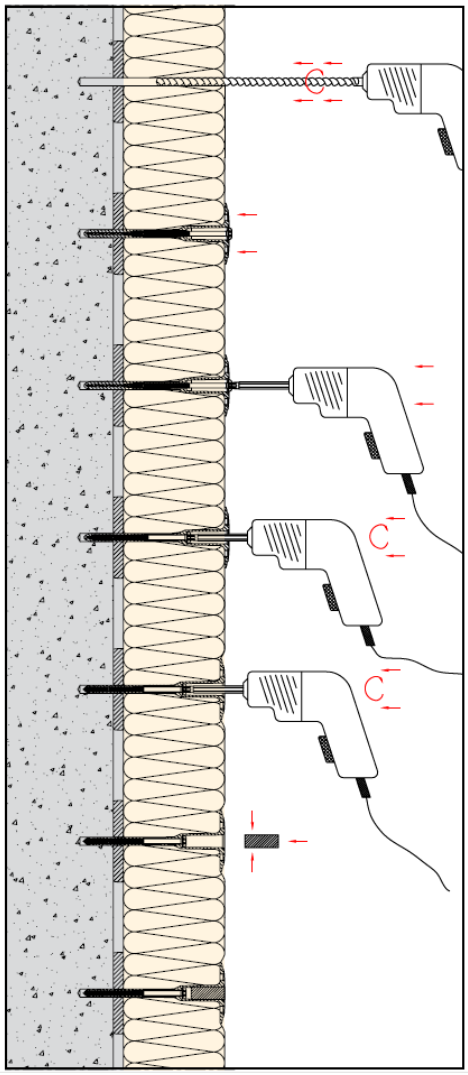


Figura 3.19 – Montagem de uma ancoragem.

Anchors per square metre	Anchor alignment
4	
6	
8	
10	
12	
14	

Figura 3.20 – Modelos exemplificativos das distribuições a adotar
(Número de ancoragens por metro quadrado e alinhamento das ancoragens).

3.2.3.8 Aplicação da camada de base armada

A camada de base é aplicada logo após a estabilização do isolamento térmico, ou seja, passadas 24 horas, de forma a evitar o contacto com agentes ambientais que poderão por em causa as características do material isolante.

A argamassa a ser usada tem que ser homogénea em toda a superfície. As variações da quantidade de armação a colocar, dependem do grau de exposição do paramento aos choques.

A camada de base é composta normalmente por duas ou três subcamadas aplicadas após a secagem da anterior, normalmente com um intervalo de 24 horas, que é o período normal de secagem entre camadas.

Nos pontos singulares, que é o caso de zonas onde haja vãos, instalações e arestas, deverá ser realizado um reboco com uma armadura normal em conjunto com uma armadura reforçada.

Logo após a colocação da primeira camada, a ser realizada em cima do isolamento e dos elementos de reforço, com uma espessura média de 4 mm, é colocada a armadura de reforço normal com a ajuda de uma talocha. Nas emendas da armadura deve ser feita uma sobreposição de pelo menos 10 cm e a armadura deve envolver todos os acessórios complementares. Nunca se deve aplicar a armadura diretamente em contacto com o ICB.

Para dar uma maior resistência ao sistema, após secagem da primeira camada, será realizada uma outra camada de reboco com a aplicação de uma nova armadura com as mesmas características e aplicada da mesma forma que a primeira para conferir uma maior resistência ao sistema. Sempre que possível devem aplicar-se as juntas desfasadas das da primeira aplicação.

Caso haja necessidade de incorporar uma armadura reforçada, após a aplicação dos reforços de armadura na envolvente dos vãos e nas juntas dos perfis metálicos, mas antes de colocar as cantoneiras de reforço, reveste-se a superfície do isolamento com uma camada de reboco. Sobre a camada ainda fresca aplica-se a armadura reforçada. As emendas de armadura de reforço são realizadas sem sobreposição. De seguida colam-se as cantoneiras de reforço sobre a armadura reforçada. Após secagem da camada descrita, a superfície é revestida com uma nova camada de reboco que incorpore uma armadura normal. As juntas da segunda armadura não deverão coincidir com as da armadura reforçada.

A distribuição das armaduras deve ser executada do seguinte modo:

a) Uma armadura normal em fachadas inacessíveis de pisos elevados;

b) Duas armaduras normais em fachadas acessíveis do r/c mas protegidas e pouco solicitadas (sobretudo em habitação unifamiliar), varandas e terraços;

c) Uma armadura normal e uma armadura reforçada em fachadas acessíveis desprotegidas. A armadura reforçada deverá ser aplicada até uma altura mínima de 2 m, relativamente ao nível do solo. [6]

Por fim, após a secagem, que dura um intervalo de 24 horas, é realiza a última camada de recobrimento de toda a armadura com uma espessura variável de 4 a 5 mm.

3.2.3.9 Aplicação da camada de primário

Após a secagem completa da camada de base, passadas 24 a 48 horas, é aplicado um primário de aderência com apoio de uma trincha ou um rolo. A pintura é opaca com uma base de copolímeros sintéticos em emulsão aquosa. É necessário que o produto seja compatível com a alcalinidade da camada anterior.

A função da camada de primário é regular a absorção e melhorar a aderência da camada de acabamento.

3.2.3.10 Aplicação da camada de acabamento

No acabamento final é normalmente utilizado um revestimento com base de polímeros sintéticos em emulsão aquosa com cargas minerais, pigmentos orgânicos e/ou inorgânicos e aditivos. Também existem soluções de pintura à base de cal e silicatos com ou sem pigmentação de primário ou, se esta não existir, será aplicado sobre a camada de base. Trata-se de uma camada que algumas marcas não comercializam.

A aplicação do produto deverá ser feita segundo as prescrições da ficha técnica.

3.2.3.11 Representação esquemática de um ETICS ICB

Sintetizando, o sistema ETICS com camada isolante ICB é composto por (Fig.3.21): produto de colagem, isolamento térmico (ICB), armaduras, produto da camada de base, acessórios, primário de fixação do revestimento final e revestimento final.

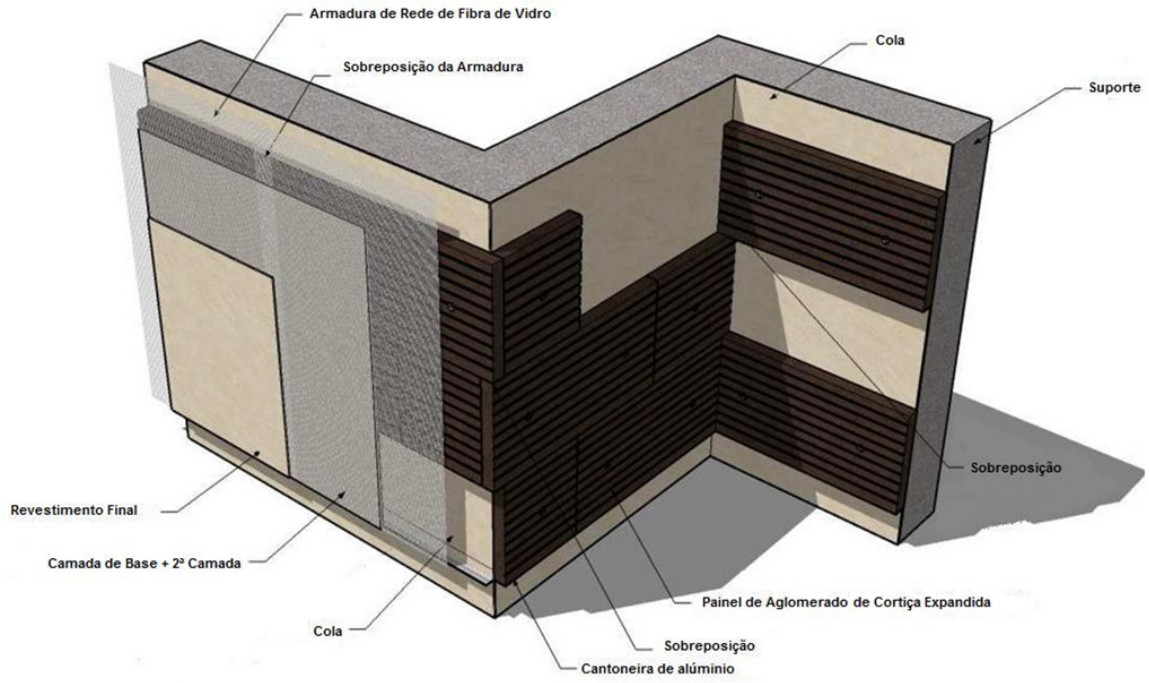


Figura 3.21 – Composição Esquemática de um ETICS – ICB, constituído por um Reboco Armado.

3.2.4. PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA

Apresentam-se, de seguida, soluções construtivas para a boa execução dos trabalhos em obra.

Todos os pormenores têm a função de conferir um grau satisfatório de qualidade na realização do sistema.

As imagens que se seguem pormenorizam as situações de:

- Arranque do sistema enterrado (Fig. 3.22);

- Remate com peitoril de janela (Fig. 3.23);

- Remate em ombreira de janela (Fig. 3.24);

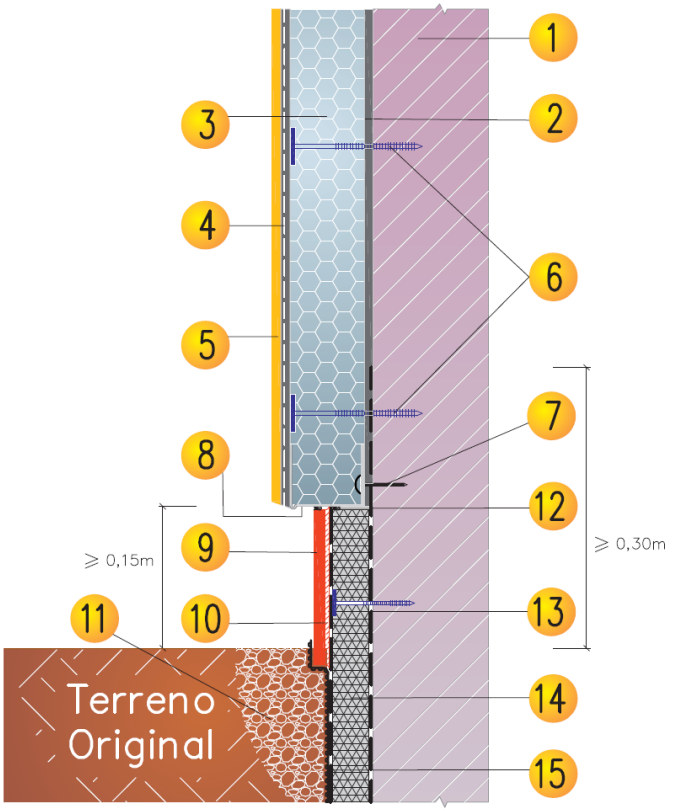
- Remate em padieira de janela (Fig. 3.25);

- Remate superior de parede (Fig. 3.26);

- Remate em junta de dilatação (Fig. 3.27);

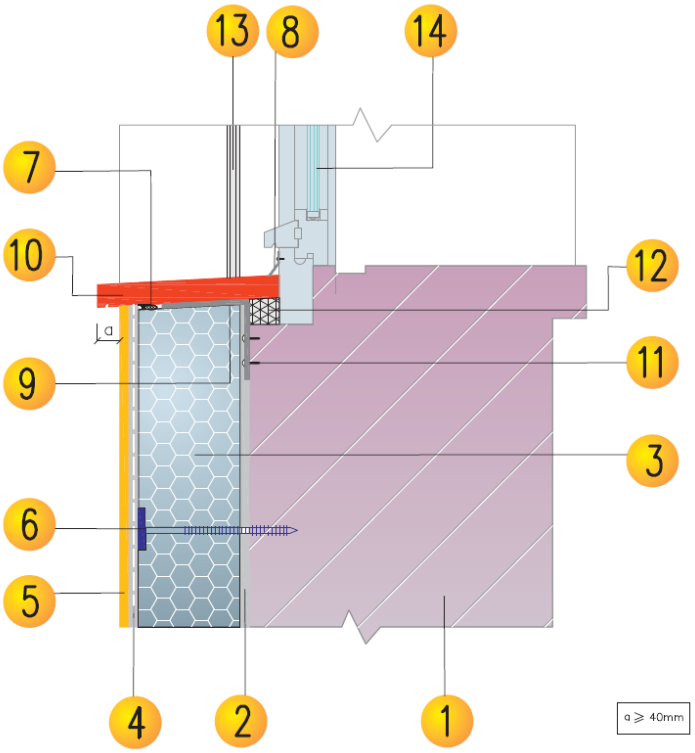
- Remate em elementos rígidos (Fig. 3.28);

- Fixação de elementos na fachada (tubo de queda) (Fig. 3.29).



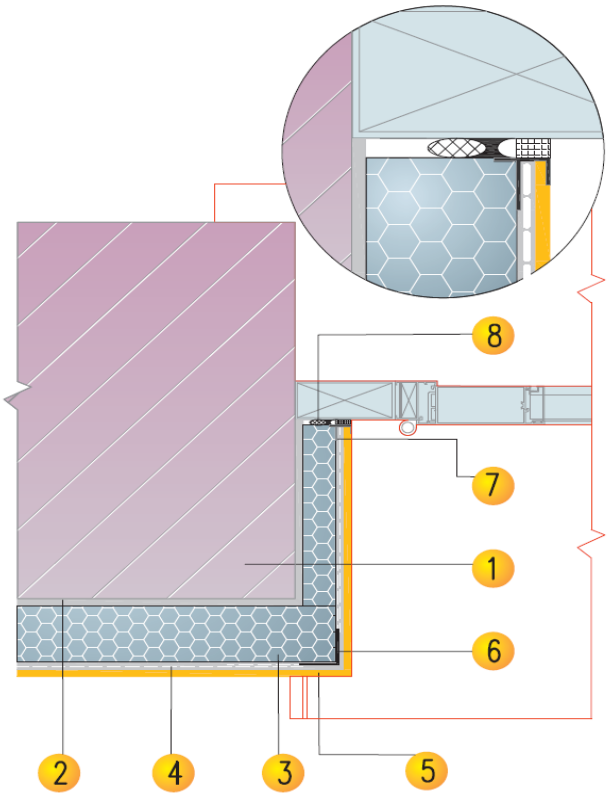
1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Fixação Mecânica do Isolamento
7. Fixação Mecânica do Perfil
8. Perfil de Arranque em Alumínio
9. Revestimento em Pedra ou Cerâmico
10. Argamassa de Colagem com Cimento-cola
11. Cortina Drenante de Águas Pluviais
12. Selagem de Junta com Mastique
13. Impermeabilização do Suporte
14. Isolamento Térmico – ICB
15. Manta Drenante Pitonada

Figura 3.22 – Arranque do sistema enterrado.



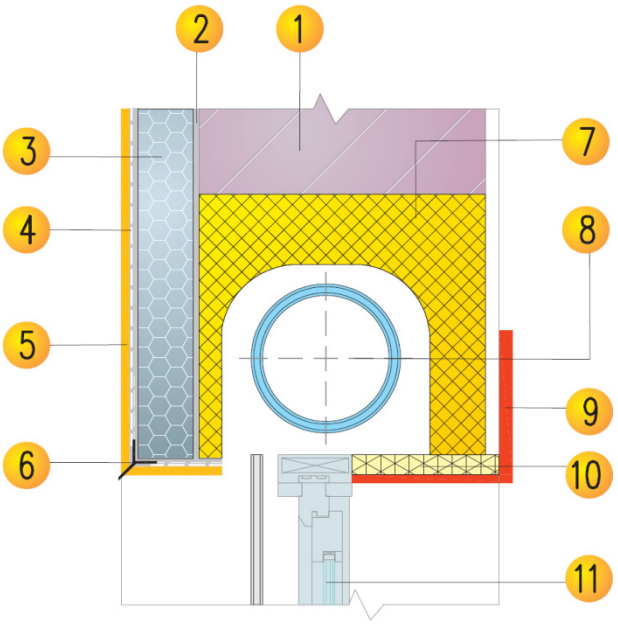
1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Fixação Mecânica do Isolamento
7. Selagem de Junta com Mastique
8. Remate Caixilho / Peitoril
9. Perfil Metálico para Apoio de Peitoril
10. Parapeito em Pedra Natural
11. Fixação de Perfil Metálico
12. Isolamento Térmico - ICB
13. Calha de Estore
14. Caixilho de Janela

Figura 3.23 – Remate com peitoril de janela.



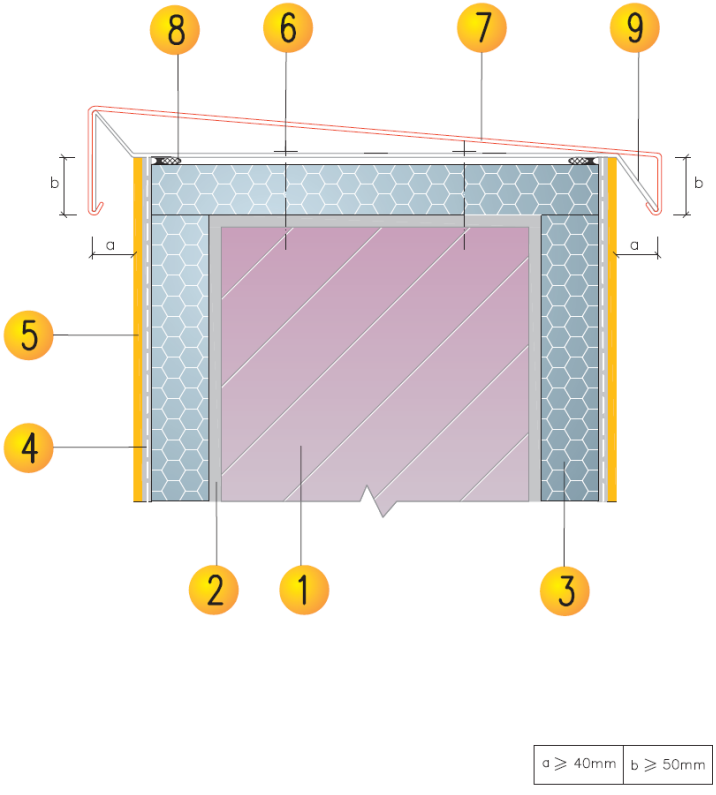
1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Perfil de Cantoneira
7. Perfil de Janela
8. Remate de Placa Isolante com caixilho em Mastique de Poliuretano

Figura 3.24 – Remate em ombreira de janelas.



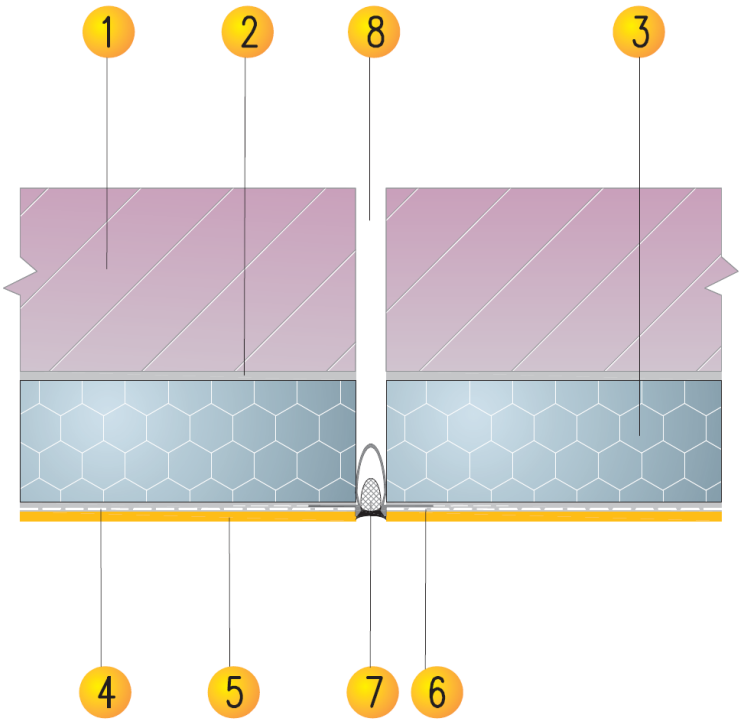
1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Perfil de Pingadeira
7. Caixa de Estore em Material Isolante
8. Estore
9. Peça de Remate da Caixa de Estore com Isolamento
10. Isolamento Térmico – ICB
11. Caixilho de Janela

Figura 3.25 – Remate em padieira de janelas.



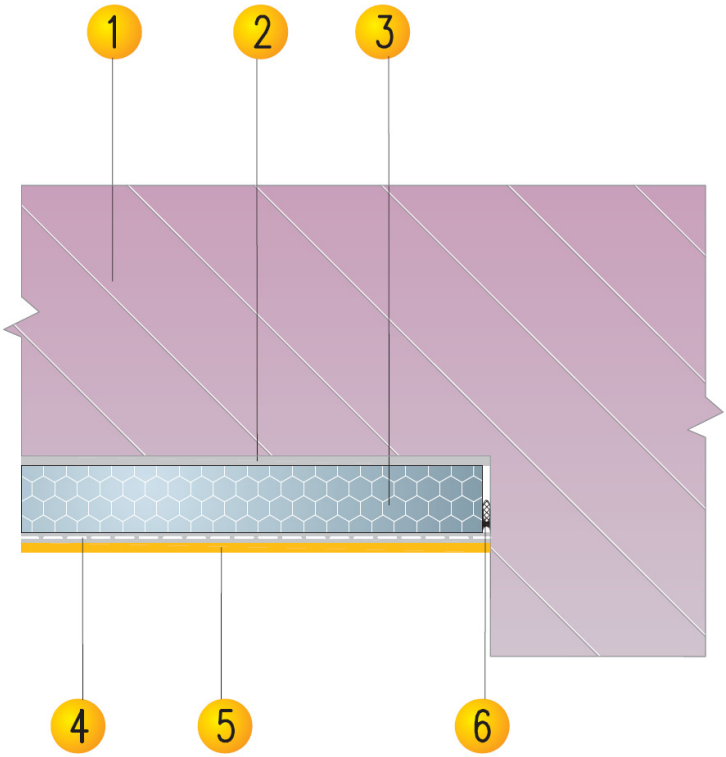
1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Fixação Mecânica
7. Rufo Metálico
8. Selagem de Junta com Mastique
9. Perfil Metálico para Fixação do Rufo e Apoio da Pingadeira

Figura 3.26 - Remate superior de parede (Platibanda).



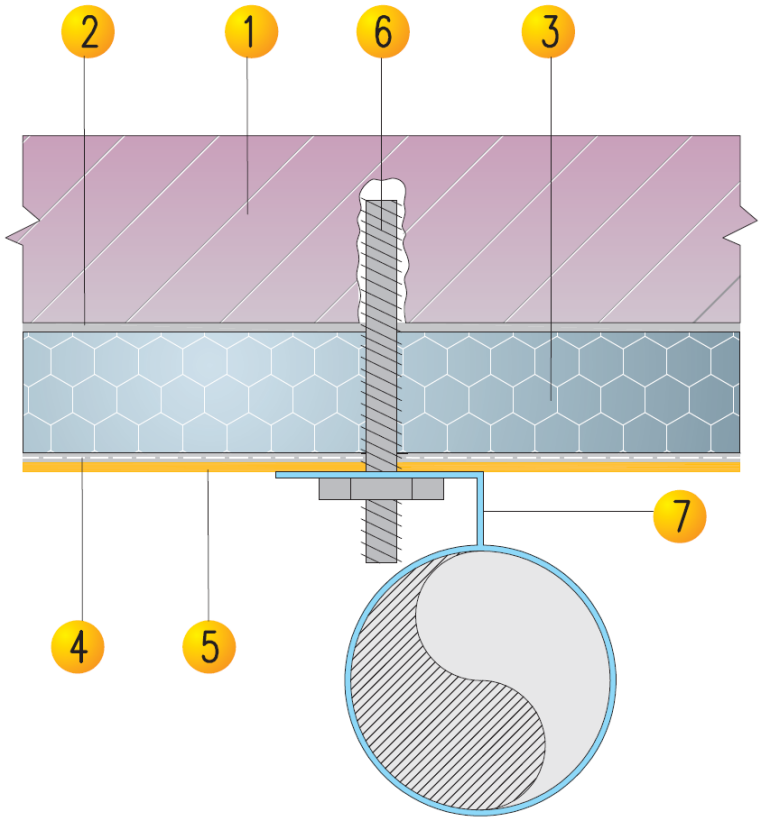
1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Perfil de Junta de Dilatação
7. Selagem de Junta com Mastique
8. Junta de Dilatação

Figura 3.27 – Remate em junta de dilatação.



1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Perfil de Junta de Dilatação
7. Selagem de Junta com Mastique

Figura 3.28 – Remate de elementos rígidos.



1. Suporte
2. Cola
3. Isolamento Térmico - ICB
4. Camada de Base Armada
5. Camada de Acabamento
6. Varão Roscado Fixado com Bucha Química
7. Abraçadeira Metálica para Tubo de Queda

Figura 3.29 – Fixação de elementos na fachada (tubo de queda).

3.3. PATOLOGIAS

3.3.1 ASPETOS GERAIS

Com um crescimento generalizado do edificado em todo o país, não só por exigências regulamentares mas também pelas necessidades de reabilitar o edificado antigo recente, que, em grande maioria, foi construída antes de existir regulamentação, os ETICS tornaram-se uma solução com uma utilização crescente nos últimos anos.

Este sistema, apesar de se demonstrar extremamente eficiente na resposta à regulamentação em vigor e às necessidades de redução de emissões CO_2, compromissos assumidos pela União Europeia, aquando da assinatura do protocolo de Kyoto, em 1997, tem-se caracterizado por ser uma solução de complexidade elevada e exposto a muitas patologias associadas.

3.3.2 UM CASO DE ESTUDO RECENTE REALIZADO EM PORTUGAL

Não sendo âmbito deste trabalho uma caracterização generalizada de todo o tipo de sistemas utilizados com os variados tipos de isolamento térmico empregues, há a referir que as patologias associadas a estas soluções são globais, independentemente da solução de isolamento adotada.

Um estudo recente, realizado em Portugal (Fig. 3.30), permitiu verificar e avaliar em serviço as principais patologias existentes nos ETICS, com base em inspecções visuais. A amostragem é constituída por vinte e um edifícios, que perfazem um total de cem fachadas. Os edifícios estão localizados nos distritos de Aveiro, Castelo Branco, Coimbra, Lisboa e Portalegre, com uma maior distribuição em zonas urbanas do que em marítimas ou industriais. Têm na maioria uma idade inferior a 4 anos, o que coincide com os sistemas actuais existentes no mercado. Na sua maioria os edifícios foram construídos de raiz com o sistema ETICS. [15]

Em grande parte das soluções é referido o uso de isolante de poliestireno expandido (EPS) e o acabamento mais utilizado foi o revestimento plástico (RPE). Não existem dados das características da camada de base. Nos pisos inferiores foram utilizadas outras aplicações que não o sistema ETICS. Também é referido, no levantamento levado a cabo, que não se encontrou nenhuma estratégia de manutenção, embora se tenham verificado algumas reparações localizadas. [15]

Nas inspeções realizadas foram detetadas sessenta anomalias, embora em alguns casos não estejam diretamente relacionadas com a aplicação dos ETICS mas sim com a corrosão das fixações de elementos na fachada. As anomalias mais correntes, no referido caso de estudo são: sujidade diferencial/escorrimentos (23 %); colonização biológica (19 %); fissuração (17 %), mossas/lacunas (15 %) e manchas/irregularidades (12 %) [15]

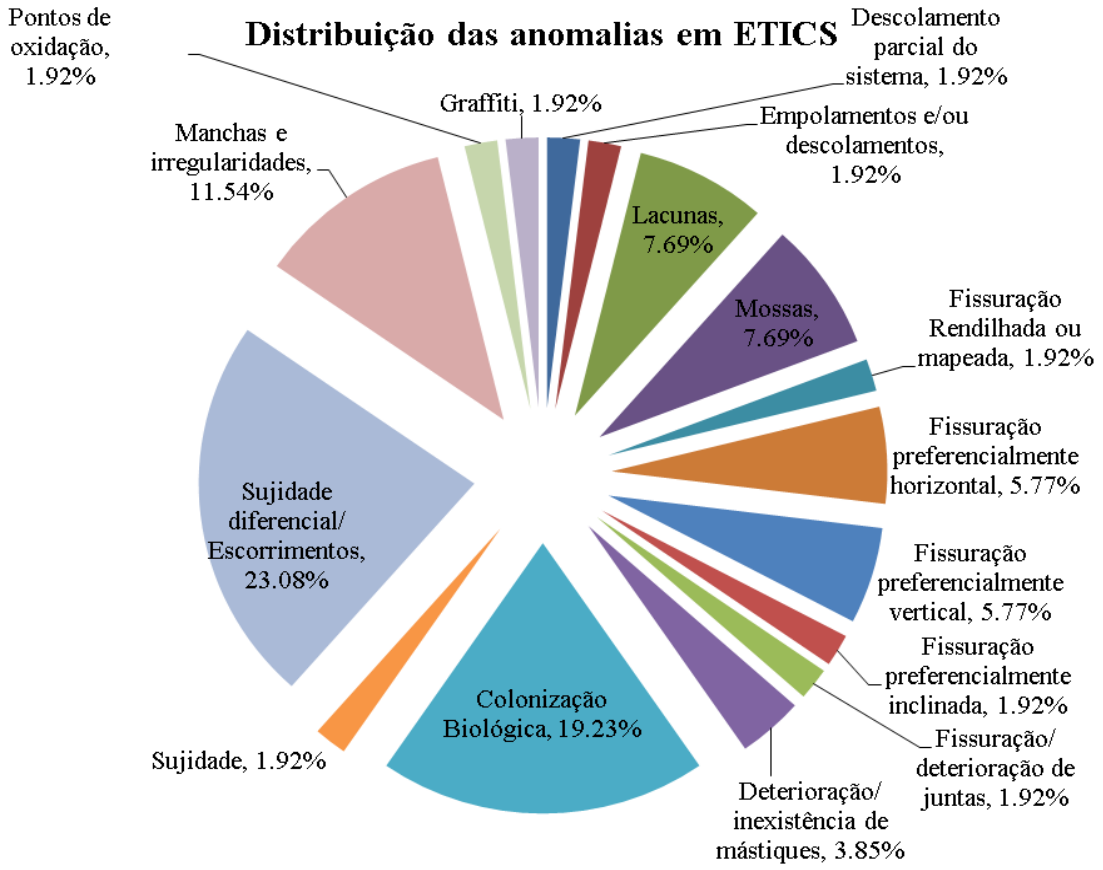


Figura 3.30 – Distribuição das patologias associadas ao sistema ETICS.

3.3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS ANOMALIAS EXISTENTES NOS ETICS EM GERAL

A execução do sistema em obra é, por vezes, realizada em condições inapropriadas. Os prazos de obra muitas vezes não contemplam as indicações do fabricante para a execução dos trabalhos e os seus constituintes poderão ser afectados pelo modo de preparação, com misturas inapropriadas, à revelia das indicações do fabricante para as condições atmosféricas (temperatura, vento e humidade). Muitas vezes não são tomadas as precauções devidas de protecção da superfície e execução dos trabalhos com clima ideal, os tempos de espera entre camadas muitas vezes não são cumpridos o que poderá afectar a eficiência do sistema.

A mão-de-obra deve ser especializada e reconhecida pelo fabricante do sistema. Muitas vezes os sistemas a aplicar contemplam uma ETA que poderá ter sido elaborada num outro país da União Europeia que não Portugal, onde os materiais constituintes e aprovados do sistema não são os apresentados pelo representante da marca em Portugal. Justificando esta situação referem que não existe a capacidade da empresa apresentar esse material em Portugal por razões económicas e que existem outros materiais com as mesmas características, ou simplesmente referem que esses materiais estão descontinuados.

Seguindo a expressão das maiores evidências de anomalias referidas no estudo apresentado em 3.3.2, é apresentada por ordem decrescente de importância a respetiva descrição.

3.3.3.1 Sujidade diferencial / escorrências

Estas anomalias são frequentes em vãos de janelas, varandas e platibandas, ou seja, em zonas localizadas. Normalmente não afectam o sistema no todo, unicamente a camada de acabamento é afetada. As causas são a deficiente aplicação ou inexistência de perfil/rufos/peitoris de pingadeira em associação com um revestimento final com características inadequadas, o que faz com que sejam afetados pela humidade e precipitação. A sua frequência é igualmente distribuída por todas as orientações de fachada, apesar de haver uma maior predominância na orientação a Norte (Fig. 3.31). [6] [15]

Figuras 3.31 – Escorrências.

3.3.3.2 Fissuração

A sua distribuição é diferencial conforme a zona onde é localizada. Normalmente, as fissuras horizontais encontram-se nos vãos e perfis de arranque enquanto que as fissuras verticais estão mais localizadas nos panos livres e também nos perfis de arranque, (Fig. 3.32). A fissuração poderá resultar de erros associados à execução do sistema, tais como: má aplicação de reboco entre as placas de isolamento; má fixação do isolamento térmico ao suporte térmico que provoca instabilidade do sistema; falta pontual de armadura; incorreto posicionamento da armadura e/ou inexistência de reforços necessários; espessura reduzida ou excessiva da camada de base; existência de juntas não preenchidas entre placas com abertura superior a 2 mm; ausência de juntas na ligação do sistema a elementos construtivos; utilização de materiais de revestimento em mau estado de conservação; ocorrência de condições atmosféricas desfavoráveis durante a execução, associadas a uma incorrecta preparação e aplicação da cola e revestimento; instabilidade do ETICS devido à sua dessolidarização do suporte; existência de acabamentos com cores escuras em locais com radiação solar elevada; existência de painéis de cores escuras e claras no mesmo pano de fachada; existência de movimentos do suporte. Esta patologia afecta a estética exterior do edifício e a impermeabilização do sistema. [6] [15] [16]

Figuras 3.32 – Fissuração.

3.3.3.3 Colonização biológica

Esta patologia é das que mais condiciona o uso generalizado destes sistemas, visto ser uma das mais incompreendidas e uma das mais estudadas anomalias, onde as técnicas de tentativa de resolução do problema muitas vezes se têm revelado ineficazes. A ocorrência é mais frequente em fachadas viradas a norte ou poente onde a luminosidade é mais reduzida e em zonas onde a presença de humidade é elevada durante todo o dia e também no período nocturno. A textura do revestimento final também condiciona o aparecimento de microorganismos (Fig. 3.33). Segundo alguns autores, o aparecimento dos fungos nas fachadas viradas a sul deve-se a condições ótimas criadas pelo sistema de isolamento térmico que aquece rapidamente quando o sol incide sobre a superfície. Acrescenta-se, também o facto de, no nosso país, os fabricantes de tintas ainda não terem adaptado os esquemas de pinturas para responder às exigências deste sistema ao nível da temperatura e alcalinidade do suporte. O desenvolvimento de fungos na superfície dos substratos é motivado por não se ter cumprido o tempo de espera estipulado pelos fabricantes entre as diversas etapas e ser realizada a etapa seguinte ainda com uma percentagem de humidade inadequada. No caso da camada de base, onde normalmente é utilizado cimento, o seu tempo de hidratação é de 28 dias e só após esse período se deve revestir com pintura. Verificou-se que, em obras de grande dimensão, onde a execução de cada etapa é mais

prolongada e os tempos de secagem são cumpridos, não existem registos de patologias associadas a microorganismos. [6] [17]

Figuras 3.33 – Colonização biológica

3.3.3.4 Mossas e lacunas

Um dos aspectos que mais contribui para as limitações do uso dos sistemas ETICS, em zonas de acesso a pessoas e veículos, é a sua facilidade à degradação. Ações de impacto na superfície do sistema, muitas vezes acidentais, realizadas por veículos automóveis, atos de vandalismo, utilização de andaimes ou sistemas elevatórios, e atravessamentos indevidos da parede com cablagem sem serem tomadas as devidas precauções podem provocar mossas e lacunas (Fig. 3.34). Um dos critérios de extrema importância na avaliação, segundo a ETAG, é a caracterização do sistema a ações de impacto. Essas características podem ser melhoradas, mas de forma sempre limitada, com a incorporação de uma armadura em zonas de maiores solicitações. Existe a possibilidade de contrariar estas limitações, aplicando um revestimento cerâmico como revestimento final do sistema. Esse revestimento é aplicado nos pisos inferiores, normalmente as zonas de acesso a pessoas ou veículos. Este tipo de acabamento não terá sido referido até aqui por motivos de consonância com a ETAG, visto não estar previsto qualquer tipo de avaliação a revestimentos deste género.

Além do aspeto estético, estas anomalias afetam o acabamento, a camada de base e de isolamento, pondo a descoberto as várias camadas do sistema que, em contacto com a humidade ou precipitação, se degradam de uma forma progressiva. [15]

Figuras 3.34 – Mossa e lacuna.

3.3.3.5 Manchas e irregularidades

Estas anomalias estão geralmente associadas a uma má e inadequada aplicação do sistema devido à falta de um estudo alargado acerca das opções corretas a serem tomadas.

As causas da dessolidarização do sistema são variadas e provocam irregularidades na superfície (Fig. 3.35.1 e 3.35.2). Podem ser motivadas por deficiente preparação do suporte, por incapacidade do produto de colagem ligar o isolamento ao suporte, por falta de regularização da superfície de colagem, pela existência de desníveis entre placas devido a deficiente nivelamento ou regularização dimensional, por falta de planeza da camada de base, por infiltrações de água através de elementos construtivos da envolvente exterior degradados ou mal executados ou pela existência de zonas com acabamento fissurado ou destacado. A falta de estabilidade dimensional das placas, face às solicitações higrotérmicas, ou uma não estudada distribuição de fixações mecânicas pode fomentar esforços excessivos devido às variações térmicas e causar deformações nas extremidades do material isolante e reduzir a permeabilidade ao vapor de água do acabamento final. [6] [16]

As manchas (Fig. 3.35.3) têm diversas origens. As condições climáticas desfavoráveis aquando da aplicação das várias camadas podem resultar em diferentes tempos de secagem e, consequentemente, em diferentes tempos de espera. A inexistência de protecção contra a acção da chuva aquando da aplicação das várias camadas, a propensão para fixar poeiras e poluição da superfície de acabamento e a ausência da camada de primário poderão dificultar a aplicação do revestimento final. A insuficiente quantidade de revestimento poderá impedir disfarçar as irregularidades da camada de base, que provêm da oxidação de metais na superfície das paredes, que é uma característica comum em todos os paramentos exteriores, sendo o seu predomínio mais evidente em zonas húmidas e marítimas. [6]

Figura 3.35 – 1 e 2 – Irregularidades, 3 - manchas de superfície.

3.3.3.6 Destacamento do acabamento

Está diretamente relacionado com a insuficiente espessura do recobrimento da armadura, incompatibilidade entre a camada base e acabamento, deficiente aplicação do acabamento e mau estado de conservação do material aquando da aplicação (Fig. 3.36). [16]

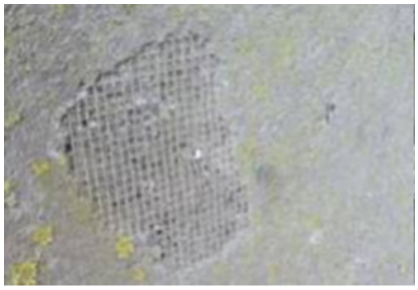


Figura 3.36 – Destacamento de acabamento.

3.3.3.7 Deterioração do recobrimento das cantoneiras de reforço

Estas patologias devem-se a dilatações e contracções incompatíveis entre cantoneira e revestimento, aliadas à deficiente aplicação dos perfis de reforço e à utilização de materiais não compatíveis com o sistema, ou deficiente execução do recobrimento da cantoneira (Fig. 3.37). [16]

Figura 3.37 – Destacamento de acabamento.

3.4. MANUTENÇÃO E REPARAÇÃO

3.4.1 ASPETOS GERAIS

Dos elementos constituintes de um edifício, as fachadas são os que mais solicitações climáticas sofrem devido à sua exposição e, como qualquer outro sistema, as fachadas necessitam de manutenção.

A manutenção corrente do sistema integra-se nas exigências de manutenção corrente de qualquer outro sistema de fachadas, que inclui remoção de manchas existentes no paramento, limpeza de rufos, capeamentos, limpeza de caleiras, rede de pluviais e todos os elementos que ajudem a manter estanquidade e bom aspecto das fachadas. Deverá ser ponderada a substituição do revestimento ao fim de oito a dez anos, independentemente do seu aspeto ou orientação. Deverá ser o fabricante do sistema a referir essa eventual substituição.

3.4.2 MANUTENÇÃO

3.4.2.1 Limpeza da fachada por lavagem

A limpeza por lavagem deverá ser realizada com uma vulgar máquina de limpeza de alta pressão, mas com uma controlada baixa pressão. [6] A principal vantagem na utilização de uma máquina com estas características é o poder de controlo de caudal e a precisão do jacto. Poderá ser usado um detergente pouco agressivo em quantidades reduzidas, e dentro do possível, efectuar estas operações com tempo quente e seco para limitar o tempo em que o sistema está em contacto com humidade.

3.4.2.2 Eliminação de algas e fungos

A eliminação dos microorganismos na superfície da fachada pode ser feita com água adicionada com 10 a 15 % de lixívia e escovando nas zonas onde sejam visíveis colónias de microorganismos. De seguida, deve realizar-se um tratamento com biocida, normalmente

uma solução aquosa de compostos orgânicos e espalhar por toda a superfície. Deve deixar-se atuar e, passado o tempo recomendado pela ficha do produto, deve aplicar-se um acabamento com biocida incorporado.

Aquando da normal manutenção destes sistemas é importante referir que, se houver a necessidade de realizar apenas uma pintura, a incorporação de um biocida na camada de revestimento deve assumir caráter obrigatório, mesmo não havendo a visualização de microorganismos, caso a fachada tenha uma orientação a norte ou seja localizada numa zona húmida, mesmo com uma orientação a sul, ou ainda, se for propícia à acumulação de poeiras.

Outra opção no tratamento da parede é, para além do biocida, usar-se uma escova para remover camadas de microorganismos das superfícies. O produto deve ser aplicado nas áreas infestadas à trincha ou pulverizando até à saturação. Todos os materiais de revestimento danificados devem ser previamente removidos. As zonas a tratar devem ser protegidas da humidade para não haver alterações na concentração do produto. A concentração do produto aplicado depende do grau de infestação da área a tratar. [6]

3.4.2.3 Renovação do revestimento de pintura

Esta solução tem uma função protetora e decorativa e deve ser a solução a adotar quando não existem paramentos degradados. Antes da aplicação de uma nova pintura com uma tinta de base aquosa, o paramento deve ser bem limpo. A tinta tem de ter determinadas características, tais como, resistir aos raios ultravioletas e condições ambientais, resistir aos microorganismos, ser permeável ao vapor de água, acompanhar as contracções e dilatações e manter a cor inicial.

3.4.3 REPARAÇÃO

As fachadas estão expostas a agressões exteriores. Como os ETICS são revestimentos que se caracterizam pela sua reduzida resistência ao choque, podem sofrer danos elevados e consequentemente, a durabilidade e as suas características funcionais poderão ser gravemente afetadas.

Se a área degradada não ultrapassar os 2 cm^2, a reparação é realizada com a limpeza de poeiras ou detritos na zona afetada. Procede-se a uma lixagem e remoção de poeiras e seguidamente é realizado um preenchimento com produto idêntico ao utilizado na camada de acabamento. A reparação de superfícies de maior dimensão implica a substituição do sistema na zona afectada. Deverão ser realizadas as seguintes operações: delimitar uma superfície rectangular ou quadrada que envolva a parte degradada acrescida de uma margem de 2 cm de lado, mas se possível, nunca ultrapassando as delimitações de uma placa de ICB; cortar o reboco e o isolamento térmico com disco e remover todas as camadas do sistema até ao suporte; limpar o suporte e eliminar todos os resíduos do produto de colagem. A partir dos cantos da área a tratar, fazer cortes a 45º no reboco da zona envolvente, de forma a libertar a armadura até uma distância de 10 cm, remover o reboco aderente à armadura e realizar uma lixagem na zona de aderência do existente, recortar uma placa de ICB com dimensão idêntica à da zona a tratar com apoio de um X-acto ou outro instrumento de corte e, seguidamente, realizar uma lixagem nas faces da placa e aplicá-la com uma argamassa idêntica à utilizada para fixação do sistema. Após a estabilização da placa, aplicar a primeira camada de reboco e ligar um enxerto de armadura cujas dimensões sejam superiores em 5 cm à área de sistema a refazer. De seguida, dobrar a armadura libertada na zona envolvente

sobre o enxerto, aplicar a segunda camada de reboco de forma a revestir totalmente as armaduras. Após a secagem, aplicar o primário e o revestimento final que deve ser colocado em toda a superfície da fachada para que não sejam percetíveis as zonas tratadas. [6]

3.4.4. Dados Estatísticos Idade vs Anomalias de um ETICS em Portugal

Um estudo realizado em Portugal, foram inspecionadas 146 fachadas com um total de 36.430 m^2 de área com todas as orientações geográficas e verificou-se que a quantidade de anomalias está directamente relacionada com a idade de um ETICS. Até aos 15 anos de serviço a frequência de anomalias é constante. A partir dos 15 anos a frequência vai aumentando, havendo uma tendência para aumentar a velocidade de degradação (Figura 3.38). [18]

Reconhecendo que algumas anomalias poderão estar directamente relacionadas com a idade do sistema, existe a necessidade dos fabricantes disponibilizarem no mercado um manual de boas práticas para uma manutenção cuidada e temporal. Sabendo que no nosso país não existe uma cultura de manutenção do edificado, estes sistemas poderão ter um tempo de vida útil superior se bem cuidados.

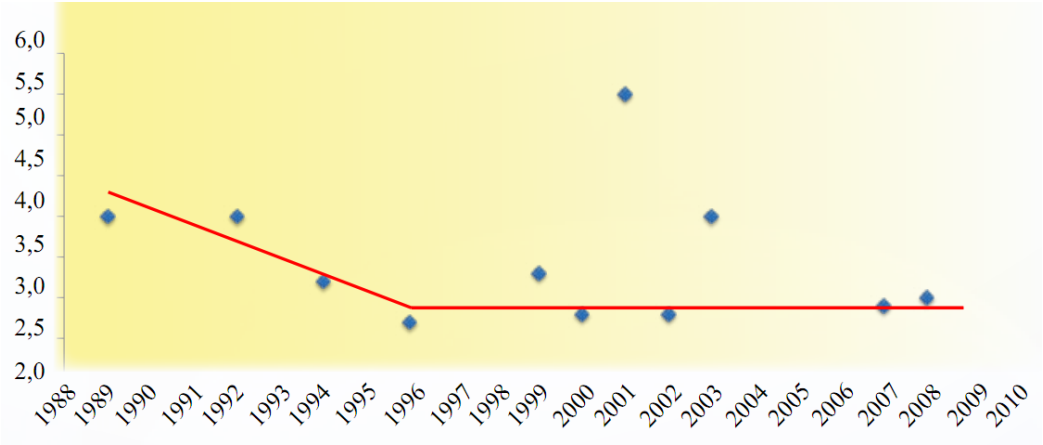


Figura 3.38 – Número médio de anomalias verificadas por fachada, segundo o ano de aplicação do sistema.

3.5. Marcação CE de Produtos de Construção – Noções Gerais

3.5.1 Legislação Europeia Fundamental

No espaço europeu, devido às diferentes exigências regulamentares que cada país membro tinha em relação aos materiais de construção, houve a necessidade de aproximar as disposições legislativas e criar condições para a livre circulação de produtos no Espaço Económico Europeu. Inicialmente foi criada uma directiva regulamentar única para harmonizar as diferenças existentes. É assim publicada, a 21 de Dezembro de 1988, a Diretiva Comunitária 89/106/CEE, que previa a criação de normas harmonizadas para os produtos de construção, a concessão de Aprovações Técnicas Europeias (ETA - *European Technical Approvals*) e uma marcação CE (evidência dada pelo fabricante de que esses produtos estão conformes com as disposições das

diretivas comunitárias que lhes são aplicáveis, permitindo-lhes a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu). [12] [13]

No incremento de sucessivas atualizações, a Diretiva 89/106/CEE tornou-se complexa e desapropriada. Houve a necessidade de substituí-la a fim de simplificar e clarificar o quadro existente e de melhorar a transparência e a eficácia das medidas em vigor. [13]

A 4 de Abril, foi publicado no Jornal Oficial da União Europeia, o Regulamento UE n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e revoga a Diretiva Comunitária 89/106/CEE. [12]

O novo Regulamento UE n.º 305/2011 vem estabelecer as condições de colocação de produtos de construção no mercado, estabelecendo regras harmonizadas sobre a forma de expressar o desempenho de todos os produtos de construção correspondentes às suas característica essenciais e sobre a utilização da marcação CE nesses produtos.

Devido à não existência de normas adaptadas, o novo Regulamento estabelece disposições transitórias até à sua implementação definitiva, a 1 de julho de 2013.

Os produtos de construção colocados no mercado, nos termos da Diretiva 89/106/CEE, antes de 1 de julho de 2013, estão em conformidade com o novo Regulamento. [12]

Os fabricantes de sistemas que requereram Avaliações Técnicas Europeias, nos termos da Diretiva 89/106/CEE, podem utilizar as Aprovações Técnicas Europeias durante o período dessa aprovação ou até 1 de julho de 2013. [12]

Com o Regulamento UE n.º 305/2011, as Normas Europeias harmonizadas serão adaptadas às novas especificações regulamentares. As declarações de conformidade do fabricante passarão a chamar-se Declaração de Desempenho. Os antigos Guias de Aprovação Técnica Europeia (ETAG) surgirão como Documentos de Avaliação Europeia (DAE). As Aprovações Técnicas Europeias (ETA´s) serão Documentos de Avaliação Europeia (DAE). As antigas Exigências Essenciais dos materiais passarão a chamar-se de Requisitos Básicos dos materiais e em vez de seis serão sete, com a introdução de um novo Requisito Básico, o uso sustentável de recursos naturais. [13]

A marcação CE já não significa que o produto está em conformidade com determinadas normas ou ETA´s, mas sim que está em conformidade com o desempenho declarado. A marcação CE, é apenas possível para produtos com declaração de desempenho, que estão cobertos por uma norma harmonizada ou para o qual foi emitida uma Avaliação Técnica Europeia.

3.5.2 Sistemas de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho

Como já foi referido no subcapítulo anterior (3.5.1.), a marcação CE é a evidência dada pelo fabricante que os produtos estão conforme as disposições das Diretivas Comunitárias que lhes são aplicáveis, permitindo-lhes a livre circulação no espaço económico europeu.

Com vista à possibilidade de marcação CE, avalia-se e verificam-se os produtos de acordo com o quadro 3.3 que a seguir se apresenta:

Quadro 3.3 – Sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho

Sistemas de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho					
Funções	**Sistema**				
	1 +	**1**	**2 +**	**3**	**4**
Controlo de produção da fábrica	F	F	F	F	F
Ensaio inicial do produto	C	C	F	L	F
Ensaio de amostras colhidas na fábrica de acordo com um programa de ensaios previamente estabelecido	F	F	F		
Inspecção inicial da fábrica e do controlo de produção da fábrica	C	C	C	C	
Fiscalização, apreciação e aprovação contínuas do controlo de produção da fábrica	C	C	C		
Ensaio aleatório de amostras colhidas na fábrica, no mercado ou no local da obra	C				
Organismos envolvidos:	Fabricante		Laboratório		Organismo de Certificação Notificado

Todos os sistemas de avaliação obrigam o fabricante a demonstrar que tem um processo de controlo interno da produção.

O sistema 1+ é o de maior exigência, pois necessita da intervenção de um organismo notificado para certificação da conformidade do produto com base na realização de ensaios iniciais ao produto, avaliação inicial do sistema de controlo da produção do fabricante e acompanhamento através da realização de ensaios e avaliação do controlo da produção. O fabricante é responsável pelo controlo da produção da fábrica e pela realização de ensaios ao produto e por solicitar a um laboratório exterior a realização de outros ensaios.

O sistema 1 difere do anterior porque os ensaios de acompanhamento são da responsabilidade do fabricante.

O sistema 2+ difere dos anteriores, porque estabelece uma maior intervenção do fabricante, que emite uma declaração de conformidade pela qual é o único responsável. Deve também solicitar a um organismo notificado a certificação do controlo da produção da fábrica e o respetivo acompanhamento. O organismo notificado pode recorrer a organismos de inspeção para a realização auditorias ao sistema de controlo da produção da fábrica.

O sistema 3 é baseado numa declaração de conformidade, emitida pelo fabricante, após a realização de ensaios iniciais num laboratório aprovado.

O sistema 4 é o de menor exigência, pois é da responsabilidade única do fabricante que deverá ter um controlo da produção implementado e realizar os ensaios ao produto. O resultado é a emissão, pelo fabricante, de uma declaração de conformidade do produto, sob sua responsabilidade e sem intervenção de qualquer organismo notificado. [31]

3.5.3 REGRAS E ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO PARA A CONCESSÃO DE UMA ETA

A Aprovação Técnica Europeia (ETA) destina-se a comprovar a conformidade de um produto ou sistema inovador para os quais não existe nem está prevista a médio prazo a existência de uma norma europeia. Os requisitos são definidos a nível europeu pela EOTA (Organização Europeia para Aprovação Técnica). [8] [9]

Para estes sistemas é elaborado um Guia para a Aprovação Técnica (ETAG), realizado por um grupo de peritos representantes dos membros da EOTA, que serve de base aos estudos de concessão de ETA. Este documento estabelece os requisitos e métodos de ensaio para a avaliação do cumprimento das exigências essenciais. [9]

Em Portugal o único organismo representante da EOTA é o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) com competência para a concessão de ETA's. Os ensaios a realizar ao sistema não são necessariamente efetuados no LNEC, podendo ser realizados noutros laboratórios.

Os estudos realizados para a concessão de ETA's a ETICS envolvem ações diversificadas: avaliação das condições de produção dos diversos produtos, campanha experimental do sistema e produtos; e verificação da aplicabilidade em obra.

A primeira fase do processo inicia-se com a avaliação da viabilidade da realização do estudo, que consiste na análise da documentação, entregue pela empresa requerente, relativa aos sistemas e às condições de produção. Nesta análise decidir-se-á a continuidade do processo ou a necessidade do requerente introduzir melhorias no processo de fabrico, no planeamento ou no controlo interno para a obtenção de produtos de qualidade constante. [8] [9]

Se todas as informações apresentadas reunirem as condições suficientes, será elaborado um plano de trabalhos do estudo a desenvolver que se dividirá em dois grupos distintos: o primeiro de apreciação da viabilidade de Aprovação Técnica Europeia, e o segundo de concessão de ETA.

Primeiro grupo: Apreciação da viabilidade de Aprovação Técnica Europeia, composta por duas fases: ações preliminares e campanha experimental alargada e condições de aplicação do sistema:

1ª Fase – Ações preliminares:

1) Análise da documentação técnica fornecida pela empresa – os documentos da empresa deverão apresentar a designação comercial, desenhos de todos os pormenores do sistema, características de cada constituinte referindo também a ficha do produto com a designação comercial, composição, características principais, rendimento, espessura, dimensões, aplicação, modo de aplicação, tempos de secagem, marcação CE, se existir, e ensaios já realizados. O LNEC disponibiliza uma ficha (Fig. 3.39 e 3.40), que deverá ser preenchida pela entidade requerente de forma a organizar e simplificar a informação solicitada. [8]

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL	**Ficha de informação sobre o sistema de ETICS**	**Proc. n.º:**

1. **Designação comercial do sistema:**

2. **Constituição do sistema (preencher quadro abaixo)**

Constituinte	Designação Comercial	Tipo /Composição básica	Características principais	Espessura / Consumo / Dimensões
Isolante				
Produto de preenchimento				
Perfis de fixação				
Ancoragens				
Camada de base				
Acabamento 1				
Acabamento 2				
Rede normal				
Rede reforçada				
Perfis (de arestas, de arranque, de peitoril, de platibanda, etc.)				

Figura 3.39 – Ficha de informação a preencher pela empresa requerente.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL	Ficha de informação sobre o sistema de ETICS	Proc. n.º:

3. **Aplicação (Descrição do modo de aplicação, incluindo montagem dos perfis amassadura dos produtos, tempos de secagem entre camadas, etc.):**

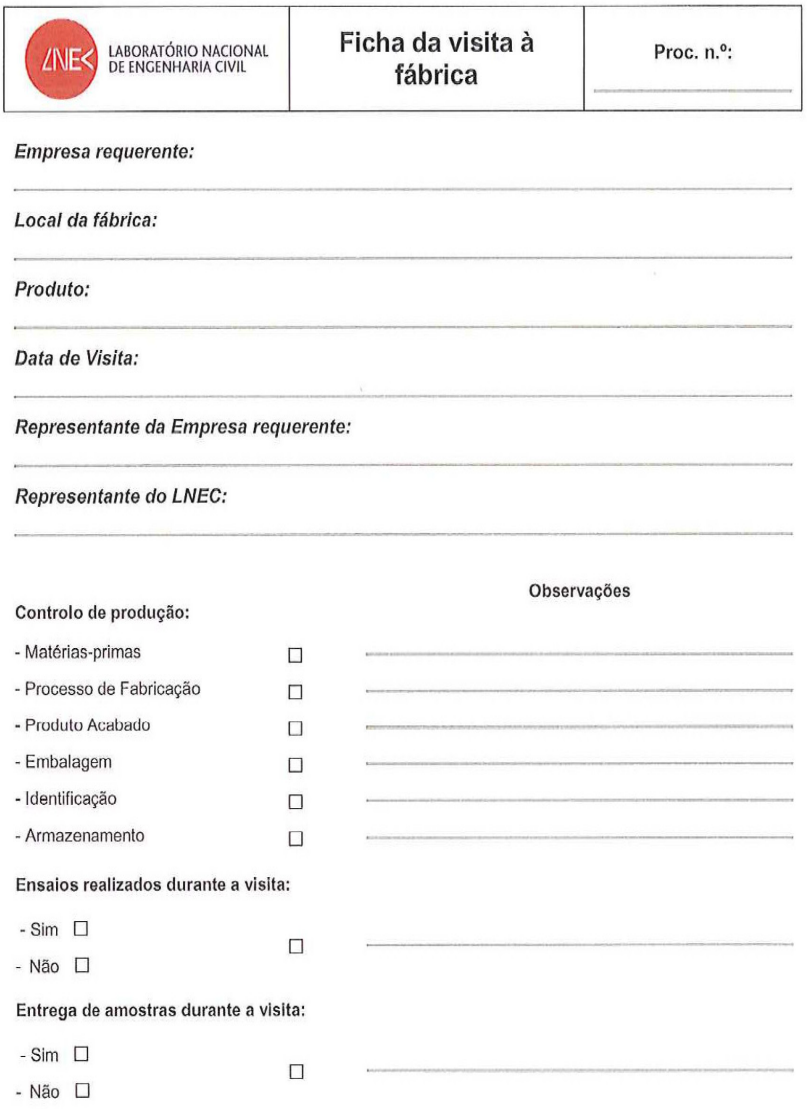
4. **Ensaios já existentes dos vários componentes, marcação CE e outros:**

5. **Informação sobre controlo de qualidade em fábrica dos vários componentes:**

6. **Informação sobre produtos tóxicos ou perigosos na constituição dos componentes:**

Figura 3.40 – Ficha de informação a preencher pela empresa requerente.

2) Visita à fábrica para verificação das condições de fabrico dos componentes do sistema e avaliação da capacidade e do controlo da qualidade da produção – as visitas têm como fundamento principal, a análise das condições técnicas da instalação e da produção, a avaliação da capacidade de produção, o uso de boas práticas no controlo interno nas diversas fases do fabrico, os procedimentos de aceitação e rejeição das matérias primas e produtos já fabricados, e a determinação dos procedimentos de controlo da receção dos produtos fabricados por outras empresas. De forma a simplificar o processo, a entidade fiscalizadora, com a colaboração do requerente, deverão preencher uma ficha (Fig. 3.41 e 3.42), de forma a evidenciar a informação principal. O controlo da qualidade sobre as matérias-primas ou alguns produtos já fabricados poderão ficar a cargo das empresas fornecedoras desde que sejam devidamente documentadas com os resultados do respetivo controlo interno da qualidade. [8]



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Ficha da visita à fábrica

Proc. n.º: _____

Empresa requerente: _____

Local da fábrica: _____

Produto: _____

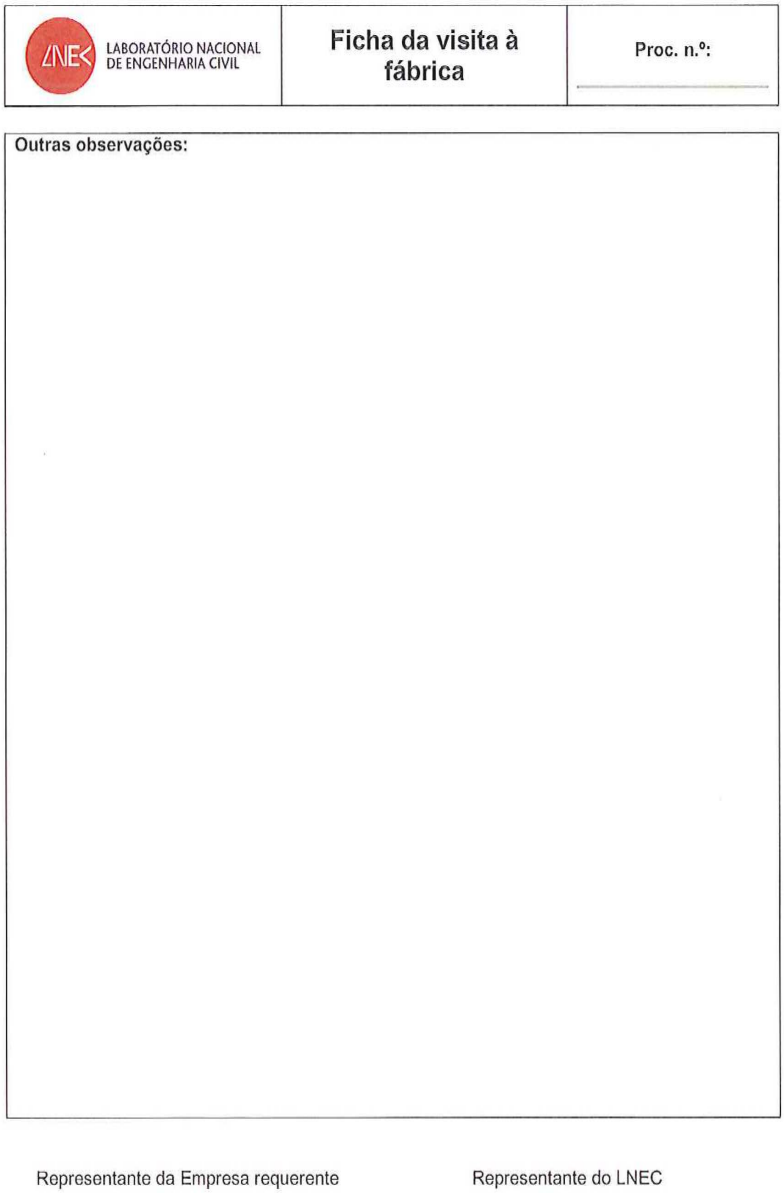
Data de Visita: _____

Representante da Empresa requerente: _____

Representante do LNEC: _____

		Observações
Controlo de produção:		
- Matérias-primas	☐	_____
- Processo de Fabricação	☐	_____
- Produto Acabado	☐	_____
- Embalagem	☐	_____
- Identificação	☐	_____
- Armazenamento	☐	_____
Ensaios realizados durante a visita:		
- Sim ☐ - Não ☐	☐	_____
Entrega de amostras durante a visita:		
- Sim ☐ - Não ☐	☐	_____

Figura 3.41 – Ficha de informação a preencher na visita à fábrica.


LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Ficha da visita à fábrica

Proc. n.º:

Outras observações:

Representante da Empresa requerente

Representante do LNEC

Figura 3.42 – Ficha de informação a preencher na visita à fábrica.

3) Realização de ensaios laboratoriais considerados críticos para a avaliação do comportamento do sistema – os ensaios são realizados em laboratório no organismo com competência para a concessão de ETA's embora alguns estudos possam ser realizados noutros laboratórios acreditados para o efeito. O estudo engloba ensaios de comportamento realizados sobre o sistema e ensaios de caracterização dos vários componentes (ver 3.2 para materiais e componentes e 3.7 para sistemas). [8] [9]

4) Apreciação preliminar do sistema, com base nos resultados dos ensaios realizados - são realizados ensaios ao sistema aplicado no suporte. No quadro 3.4 (ver subcapítulo 3.7.1)

sintetizam-se as classificações e os valores limites definidos no ETAG 004 para os sistemas ETICS e respetivos componentes. [8] [9]

Se nas ações realizadas, não houver resultados desfavoráveis, proceder-se-á a passagem à 2ª fase do estudo.

2ª Fase – Campanha experimental alargada e condições de aplicação do sistema:

1) São realizados os restantes ensaios previstos na ETAG 004, para avaliação do sistema e caracterização exigencial dos vários componentes. No quadro 3.5 (ver subcapítulo 3.7.1) sintetizam-se as classificações e os valores limites definidos no ETAG 004 para os sistemas ETICS e respetivos componentes. [8]

2) São realizadas visitas a obras já terminadas (Fig. 3.43) e a obras em curso (Fig. 3.44) para avaliar as condições da aplicabilidade do sistema. As obras a visitar são selecionadas pelo laboratório de uma entre as que constem de uma lista fornecida pela empresa requerente. [8]

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

QUADRO - LISTA DAS OBRAS ONDE FOI APLICADO O REVESTIMENTO

Lista elaborada em __/__/__

DESIGNAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO DO EDIFÍCIO	EMPRESA CONSTRUTORA	ÁREA APLICADA (m^2)	DATA DE CONCLUSÃO	DATA DE ENTRADA EM SERVIÇO	OBSERVAÇÕES

Figura 3.43 – Ficha de informação a preencher pela empresa requerente.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL	Ficha de visita a obras	Proc. n.º:

Empresa requerente:

Produto:

Data de Visita:

Representante da Empresa requerente:

Representante do LNEC:

EDIFÍCIO			Observações
Características gerais	Localização		
	Dados sobre a região (clima, proximidade do mar, zona sísmica)		
	Tipo de obra/ tipo de ocupação		
	Outras		
Revestimento aplicado	Aspecto estético		
	Anomalias	Risco segurança	
		Aspecto funcional	
		Estéticas	
Outros dados	Tipo de suporte		
	Tipo de fixação (argamassas-cola, fixações metálicas) – caso seja aplicável		

Ensaios realizados durante a visita:		
- Sim ☐	Ensaios realizados:	
- Não ☐		
Recolha de amostras durante a visita:		
- Sim ☐	n.º amostras:	
- Não ☐		

Figura 3.44 – Ficha de informação a preencher pela entidade fiscalizadora.

Os resultados obtidos nesta segunda fase, já não são críticos para a concessão da ETA ao sistema, embora possam limitar o campo de aplicação ou implicar condições de aplicabilidade do sistema. [8]

Segundo grupo: Concessão da Aprovação Técnica Europeia

Cumprindo todos os requisitos necessários anteriormente referidos, procede-se à elaboração de uma ETA em versão inglesa que é posta a circular por todos os organismos membros da EOTA, juntamente com um relatório de avaliação para eventuais comentários e aprovação. Seguidamente será realizada uma versão final na língua inglesa e outra versão na língua materna da entidade requerente e que serão publicadas.

O período de validade de uma ETA é de cinco anos, sendo usual as visitas às instalações de fabrico e a obras que permitam obter informações sobre a qualidade de produção e aplicabilidade.

Como vimos atrás em 3.5.1, as ETA's irão ser substituídas por DAE num futuro bastante próximo.

3.6 Requisitos Básicos de um ETICS de ICB

O Regulamento UE n.º 305/2011, para os Produtos de Construção, estabelece sete requisitos básicos para os produtos, materiais e sistemas a utilizar na construção de edifícios:

- RB1. Resistência mecânica e estabilidade;

- RB2. Segurança contra incêndio;

- RB3. Higiene, saúde e ambiente;

- RB4. Segurança e acessibilidade na utilização;

- RB5. Proteção contra o ruído;

- RB6. Economia de energia e isolamento térmico;

- RB7. Utilização sustentável dos recursos naturais.

Apresenta-se em seguida uma reflexão de caráter geral sobre os requisitos básicos a cumprir por um sistema ETICS com ICB com vista à obtenção de DAE (Documento de Avaliação Técnica), atualmente designado ETA.

3.6.1 Resistência Mecânica e Estabilidade

Os requisitos de resistência mecânica e estabilidade dos elementos construtivos não resistentes incluem-se no requisito "Segurança e acessibilidade na utilização" (RB4). [9]

3.6.2 Segurança Contra Incêndio

Os requisitos de reação ao fogo em fachadas dependem das características do edifício em questão.

Nos sistemas construtivos ETICS, a resistência ao fogo depende em parte do isolamento térmico a ser usado, no caso do uso de ICB, com uma classe de fogo "Euroclasse E", segundo a norma

NP EN 13501-1:2007, apesar de ser um produto de combustão retardada e os fumos libertados serem considerados não tóxicos, é um isolamento combustível e, como tal, há a necessidade de usar um bom revestimento com maior teor de produtos minerais e menor de orgânicos que apresente um comportamento ao fogo favorável e mantenha a integridade necessária para proteger o ICB durante a ação da chama. Neste sentido existe a possibilidade de obter uma Classe do sistema de fogo B-s1,d0, segundo a norma, NP EN 13501-1:2007. [6] [9]

O revestimento de acabamento também tem que ter uma boa reação ao fogo senão pode piorar a classificação do sistema.

As classes de reação ao fogo máximas admissíveis para os revestimentos exteriores de paredes de edifícios de habitação são as seguintes: M3 (materiais moderadamente inflamáveis) – nos edifícios de habitação unifamiliar ou edifícios de habitação coletiva de altura não superior a 9 m, M2 (materiais dificilmente inflamáveis) – nos edifícios de habitação de altura não superior a 28m e M1 (materiais não inflamáveis) – nos edifícios de habitação de altura superior a 28 m. [6] [11]

3.6.3 Higiene, Saúde e Ambiente

Os ETICS têm dois requisitos principais no seu desempenho: resistir à humidade proveniente do exterior e evitar a ocorrência de condensações superficiais internas. [6] Os paramentos interiores devem evitar condensações superficiais interiores e internas do sistema.

Os paramentos deverão impedir que a humidade do solo, chuva e neve entrem nas camadas constituintes do sistema, de modo a não o degradar, e impedir a perca das suas características principais.

O sistema deverá resistir aos choques fortuitos e acidentes que possam ocorrer na sua utilização normal. Deverá permitir o apoio de equipamentos de manutenção sem provocar danos na parede.

As características do sistema e de alguns dos seus componentes são avaliadas perante a ETAG 004: permeabilidade e absorção de água; resistência aos choques e perfuração; aderência; e permeabilidade ao vapor de água.

Todos os trabalhos de construção devem cumprir a legislação e regulamentação em vigor. Os trabalhos não podem ser fonte de instabilidade ambiental e devem cumprir escrupulosamente as regras da boa utilização do bem comum.

Os materiais utilizados na composição do sistema ETICS podem ter um caráter ecológico e biodegradável. Para além do isolamento térmico aglomerado de cortiça expandida (ICB), os produtos de ligação ao suporte, a camada de base e alguns acabamentos podem ser compostos essencialmente por cal, gesso, aditivos e areias.

3.6.4 Segurança e Acessibilidade na Utilização

Os ETICS não têm função estrutural mas devem ter capacidade de estabilidade e resistência mecânica. As suas exigências são: estabilidade; resistir às solicitações resultantes do peso próprio devido à sua exposição às variações de temperatura; resistir aos esforços internos de ligação entre os materiais e suporte; e resistir à humidade, vento e movimentos estruturais. [6]

As edificações devem ser concebidas de modo a não apresentarem riscos inaceitáveis de acidentes ou danos durante a sua utilização e funcionamento, como, por exemplo, riscos de escorregamento, queda, colisão, queimadura, eletrocussão e lesões provocadas por explosão e roubo.

A sua conceção deve ser realizada de modo a dar acessibilidade de utilização por pessoas com deficiência.

3.6.5 Proteção Contra o Ruído

Apesar do isolamento térmico ICB ter excelente comportamento no isolamento de ruídos de percussão e aéreos, estas exigências não são consideradas, visto serem tomadas no conjunto total da parede considerando as alvenarias, e se for o caso, os vãos.

3.6.6 Economia de Energia e Isolamento Térmico

Os ETICS melhoram as características térmicas do edifício, permitem reduzir as necessidades de aquecimento (no inverno) e de arrefecimento (no verão). A resistência térmica dos ETICS deverá ser avaliada em função da localização geográfica da edificação, para que possa ser introduzida no cálculo térmico exigido pelo RCCTE (Regulamento das Caraterísticas de Comportamento Térmico dos Edifícios) através do Decreto-Lei n.º 80/2006. [6]

O processo de avaliação do sistema inclui requisitos de desempenho, durabilidade, estabilidade em confronto com as solicitações ambientais. São levados a cabo ensaios de caracterização e da utilização em serviço do sistema.

3.6.7 Utilização Sustentável dos Recursos Naturais

As intervenções nas edificações devem ser caracterizadas por uma utilização sustentável dos recursos naturais.

Um ETICS com ICB tem a particularidade de usar na sua constituição, como isolamento térmico, um material 100% natural, ecológico e fixador de carbono, com um tempo de atraso muito superior ao de outros conhecidos isolamentos e com capacidade de reutilização após o fim de vida do edificado. Os indicadores de energia consumida na sua produção são muito baixos.

As edificações devem ter a capacidade de atingir o tempo de vida previsto, nas melhores condições possíveis.

Os restos de matérias sobrantes e entulhos devem ter a capacidade de serem utilizados ou reciclados.

Todos os componentes devem conservar as suas propriedades durante toda a vida útil do sistema para as condições normais de utilização e de manutenção, para que a qualidade do sistema se mantenha.

3.7. ENSAIOS AO SISTEMA DE ACORDO COM A ETAG 004

3.7.1 DESCRIÇÃO GERAL DOS ENSAIOS APLICÁVEIS A QUALQUER SISTEMA

No subcapítulo 3.2 foram apresentadas as referências normativas e ensaios a realizar segundo a ETAG 004 para cada material e componente.

Na ETAG 004 são referidos ensaios de comportamento do sistema. Seguidamente será apresentada uma caracterização dos ensaios e resultados obtidos, segundo dados do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Os ensaios ao sistema são realizados em provetes de pequenas dimensões com a aplicação dos vários componentes sobre um murete de dimensões suficientes para a determinação de todos os parâmetros necessários à elaboração de uma ETA. A construção do sistema é da responsabilidade da empresa requerente.

Sobre o sistema aplicado no murete são realizados os seguintes ensaios:

a) Ensaio de ciclos higrotérmicos;

b) Ensaio de choque de 3 J, após ciclos higrotérmicos;

c) Ensaio de choque de 10 J, após ciclos higrotérmicos;

d) Ensaio de perfuração *Perfotest*, após ciclos higrotérmicos;

e) Ensaio de aderência do revestimento ao isolante Pull-off, após ciclos higrotérmicos.

Quadro 3.4 – Critérios de apreciação dos ensaios sobre o sistema aplicado no murete.

ENSAIO	CLASSIFICAÇÃO	CRITÉRIO
Ensaio higrotérmico	Satisfatório	Ausência de anomalias relevantes no sistema, nomeadamente dos seguintes tipos: empolamentos, destacamentos, fendilhação ou perda de aderência
	Não satisfatório	Existência de pelo menos uma das anomalias consideradas relevantes
Choque de 3 J, choque de 10 J e perfuração	Categoria I – fachadas acessíveis, choques fortes	Sem deterioração após choque de 3 J e de 10 J e sem perfuração com punção de 6 mm
	Categoria II – zonas de acesso limitado	Sem penetração com choque de 10 J, sem fendilhação com choque de 3 J e sem perfuração com punção de 12 mm
	Categoria III – zonas pouco expostas a choque, acima de 2 m	Sem penetração com choque de 3 J e sem perfuração com punção de 20 mm
	Satisfatório	Tensão de aderência $\geq 0{,}08$ N/mm^2 ou rotura coesiva pelo isolante

Aderência do revestimento ao isolante	Não satisfatório	Tensão de aderência < 0,08 N/mm^2 e rotura adesiva ou rotura coesiva pelo revestimento

Os ensaios de comportamento realizados sobre o sistema, em provetes de menores dimensões (na segunda fase do estudo), são os seguintes:

f) Ensaio de determinação da reação ao fogo do sistema completo (com todos os acabamentos ou com o acabamento mais desfavorável);

g) Ensaio de absorção de água por capilaridade do sistema com cada um dos acabamentos, após ciclos de imersão e secagem, com medições da absorção após 1 hora e após 24 horas de imersão parcial;

h) Ensaio de permeabilidade ao vapor de água do sistema com cada um dos acabamentos (EN 1015-19);

i) Ensaio de aderência da camada de base ao isolante, com aplicação da força à velocidade de 1 a 10 mm/min.;

j) No caso dos sistemas colados: ensaio de aderência da cola ao isolante e a um suporte de betão, a seco e após imersão em água durante 2 dias, e secagem parcial durante 2 horas e durante 7 dias;

k) Ensaio de resistência ao gelo-degelo;

l) Deslocamento do sistema nas arestas;

m) No caso de sistemas fixos mecanicamente: avaliação da resistência à sucção do vento.

Quadro 3.5. – Critérios de apreciação dos restantes ensaios sobre o sistema de comportamento do sistema.

ENSAIO	CONDIÇÕES	EXIGÊNCIA
Aderência do produto de colagem ao isolante	Estado seco	Tensão de aderência $\geq$ 0,08 N/mm^2
	Após imersão em água	Tensão de aderência $\geq$ 0,03 N/mm^2, 2 horas após a remoção dos provetes da água Tensão de aderência $\geq$ 0,08 N/mm^2, 7 dias após a remoção dos provetes da água
	Estado seco	Tensão de aderência $\geq$ 0,25 N/mm^2

Aderência do produto de colagem ao betão	Após imersão em água	Tensão de aderência $\geq$ 0,08 N/mm^2, 2 horas após a remoção dos provetes da água Tensão de aderência $\geq$ 0,25 N/mm^2, 7 dias após a remoção dos provetes da água
Ensaio de Permeabilidade ao vapor de água		Resistência à difusão do vapor de água (espessura da camada de ar de difusão equivalente) do sistema de acabamento (camada de base + acabamento) $\leq$ 2,0 m
Ensaio de Absorção de água por capilaridade		Água absorvida pelo sistema sem acabamento após 1 hora $\leq$ 1 kg/m^2 e água absorvida pelo sistema com cada acabamento após 1 h $\leq$ 1 kg/m^2
Comportamento ao gelo-degelo		Água absorvida pela camada de base após 24 horas $\leq$ 0,5 kg/m^2 ou no caso de não verificar, água absorvida pelo conjunto camada de base mais acabamentos após 24 horas $\leq$ 0,5 kg/m^2
Ensaio dinâmico de resistência à sucção do vento		Resistência do sistema (determinada em ensaio e afetada de coeficiente de segurança regulamentar) não inferior à sucção do vento regulamentar: Rd $\geq$ Sd
Resistência ao arrancamento das fixações dos perfis		$\geq$ 500 N

3.7.2 CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE ENSAIOS REALIZADOS COM A VARIANTE ISOLAMENTO TÉRMICO ICB.

Os ensaios realizados destinam-se a comprovar a aptidão do sistema para a Aprovação Técnica Europeia (ETA) de ETICS. Permitem tirar conclusões em relação ao desempenho da variante ICB, comparativamente com outro tipo de isolamentos.

Os componentes do sistema, excetuando o isolamento térmico, são os mesmos com a mesma relação de misturas para a elaboração de produto final. Embora existam algumas diferenças nos consumos aquando da aplicação, não se considera essa evidência como fundamental para as conclusões que se referirão.

A aplicação de uma rede reforçada adicional não introduz uma melhoria significativa ao sistema. A variante com duas redes normais, isolante ICB e acabamento, melhora a resistência ao choque e à perfuração, permitindo atingir a categoria II (ensaio de choque de 3 J, 10 J e ensaio de perfuração). O isolante ICB por si só melhora a resistência ao choque e à perfuração. Existem referências, noutros ensaios realizados, que indicam que apenas o sistema com ICB, aplicado com armadura normal e com acabamento, é classificado com a categoria II de resistência, podendo então ser aplicado em edifícios de acesso limitado, ou em edifícios de acesso fácil mas em zonas das fachadas acima dos 2 m de altura. Os outros isolamentos obtiveram categoria III. Um dos parâmetros mais críticos nestes sistemas é a resistência aos

choques e à perfuração que maioritariamente das vezes fazem recair os sistemas na categoria III, limitando em grande modo o campo de aplicação. [7] [8]

A camada de base tem uma importância determinante no comportamento dos sistemas ao ensaio higrotérmico. É essencial que o produto da camada de base apresente boa resistência à fissuração, boa aderência ao suporte e baixa permeabilidade ao vapor de água, para que não ocorram anomalias significativas no sistema. [7]

O sistema ETICS com aglomerado de cortiça expandida apresenta um bom comportamento ao ensaio de aderência do revestimento ao isolante sofrendo rotura tipo coesivo, no seio do isolante, com tensões de aderência entre os 0,1 e 0,2 N/mm^2. [8]

A aplicação de acabamento contribui para a redução da absorção de água tanto na primeira hora quer às 24 horas (comportamento face ao gelo-degelo), em todos os sistemas com as diversas variantes de isolamento. O sistema com ICB tem um comportamento na primeira hora semelhante aos outros, mas após 24 horas, apresenta uma menor absorção de água em comparação com outros isolamentos, garantindo um melhor comportamento com diversos acabamentos. Na grande maioria todos os sistemas têm um comportamento satisfatório à água. [7]

A classificação do sistema relativamente ao comportamento ao fogo é satisfatória, embora seja necessário prever alguns cuidados na aplicação em obra para que o comportamento seja o previsto e verificar medidas complementares em edifícios com vários pisos. O ICB, com uma classificação de reação ao fogo em ETICS (B-s1,d0), tem características singulares. Sendo um retardador natural de fogo o seu comportamento é de combustão lenta, não faz chama nem liberta gases tóxicos comparativamente com outros materiais isolantes.

As características são: B-s1,d0 (EN13501-1), B - Produto combustível limitado; s1- Baixa produção de fumos; d0 – Produção de gotas com caída de partículas não inflamadas (antigas exigências M1). [8]

Na sua generalidade, os sistemas conferem uma melhoria no isolamento sonoro a sons aéreos destacando-se o sistema com ICB, que garante uma melhoria significativa.

3.8. MERCADO DE SISTEMAS ETICS COM ICB EM PORTUGAL

3.8.1 ASPETOS GERAIS

Como já referido anteriormente, nos últimos anos tem-se registado um elevado crescimento na aplicação de ETICS em Portugal. As empresas portuguesas têm visto neste tipo de sistemas uma oportunidade de negócio interessante com perspetivas de crescimento num futuro próximo.

No mercado português existem empresas já com alguma tradição nesta área de negócios e outras que, apesar de estarem no ramo da construção, introduziram os ETICS nos seus guias de produtos e, normalmente, com marca própria.

As primeiras aplicações em Portugal datam dos meados do século XX. O material isolante inicialmente utilizado foi o EPS (poliestireno expandido) provavelmente por ser mais barato e já haver alguma tradição de utilização no mercado Europeu.

As empresas e marcas têm acrescentado a estes sistemas uma panóplia diversificada de opções, quer ao nível de acabamentos, quer também pelo material isolante a utilizar, embora muitas vezes só tenham um sistema em concreto com uma Aprovação Técnica Europeia.

Existem empresas com ETA´s de sistemas ETICS passadas em Portugal ou noutros países da União Europeia, embora como será referido no subcapítulo 3.8.5, não existe em Portugal nenhuma empresa que detenha ou comercialize um sistema ETICS em que o isolamento térmico composto por ICB detenha uma Aprovação Técnica Europeia. Naturalmente as empresas ao lançarem os seus produtos no mercado realizam ensaios globais ao sistema conforme o Guia de Aprovação Técnica Europeia ou então, por já comercializarem sistemas com as mesmas características, realizam ensaios específicos às alterações introduzidas, decorrentes do uso do ICB.

Apesar de existirem em Portugal muitas empresas com estes sistemas, e atualmente incorporarem o ICB como material componente, neste trabalho apresentam-se apenas três, por terem distinções importantes, quer ao nível de produto apresentado, quer quanto à forma como o produto foi introduzido no mercado.

3.8.2 BARBOTHERM CORK - BARBOT

A BARBOT, empresa familiar fundada em 1920, destaca-se no mercado Português no sector das tintas. A partir de 1962, a empresa tem tido um crescimento devido à introdução de novos produtos e tem vindo a destacar-se no mercado nacional. A empresa sediada em Vila Nova de Gaia tem neste momento uma diversidade de produtos e uma cota de mercado importante. Adquiriu outras empresas do mesmo ramo, estando presente em França, Espanha, Cabo Verde e Angola.

Em 1991, a empresa implementou o programa de qualidade e atualmente é certificada pela IQNet e pela APCER (segundo a Norma NP ISO 9001:2000).

Em 2006, a empresa lançou no mercado o sistema ETICS – BarboTherm, desenvolvido pela própria marca, que, no espaço de um ano, teve um enorme sucesso. Foi a primeira empresa de tintas a lançar no mercado Português um sistema ETICS.

Tendo já um vasto leque de aplicações de sistemas ETICS no seu portefólio, em 2011, a Barbot em pareceria com a Amorim Isolamentos SA, lançou no mercado o sistema BarboTherm Cork, que veio enriquecer o leque de soluções disponíveis.

Atribuindo-lhe o conceito de novo sistema térmico ecológico, desenvolvido a partir de placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB) e um produto 100% *made in* Portugal, a Barbot dá uma resposta às novas tendências de mercado indo ao encontro de uma nova solução amiga do ambiente. [19]

A constituição do sistema BarboTherm Cork assemelha-se à BarboTherm já existente, com a alteração do isolamento térmico.

A sua aplicação assemelha-se a uma normal aplicação de um sistema ETICS. O sistema é composto por perfis de arranque não identificados, uma massa BarboTherm, como produto de ligação do isolamento ao suporte e camada de base, com uma composição à base de copolímeros em emulsão aquosa, preparada com a adição de cimento Portland. A armadura a incorporar na camada de base, Viplás MI 166, é um produto português com certificação ISO

9001. São utilizadas buchas de fixação das placas em PVC e acessórios a aplicar nas descontinuidades, caixilharias, vãos, etc. O regulador de fundo ou primário é uma Tinta Barbocril com a mesma cor do revestimento final. O acabamento é uma Massa de Revestimento Barbot, composta por resinas acrílicas, aditivos antifúngicos e hidrorrepelentes, para o qual a Barbot disponibiliza um leque de cores ao gosto do cliente.

Foram realizados ensaios pelo LNEC em conformidade com a ETAG 004 e obtiveram-se bons resultados.

3.8.3 SUBERLYME ECO - ETICS

Sistema Português que se distingue por ser uma aplicação 100% reciclável. É composto por uma argamassa ecológica (Suberlyme), à base de cal aérea hidrófuga e granulado de cortiça como camada de base com cerca de 1 cm de espessura e a incorporação de uma armadura de fibra de vidro. O produto de ligação do isolamento (ICB) ao suporte é uma cola à base de cal aérea. Como revestimento final deve ser, de preferência, utilizada uma tinta à base de cal e silicatos com ou sem adição de pigmentos (de acordo com a norma DIN 18363). [20]

Segundo a ficha do sistema a sua aplicação não requer mão de obra especializada, é isento de cimento, resinas e derivados do petróleo e tem a particularidade de poder ser utilizado sobre suportes de adobe e taipa, entre outros. Apresenta elevada permeabilidade ao vapor de água e, em contraste com os outros sistemas, o início da execução não requer a secagem dos suportes. O acabamento do reboco é executado a fresco, logo requer menores prazos de execução.

A essência deste sistema está na argamassa Suberlyme que foi patenteada por dois Portugueses, o Arquiteto Pedro Correia e o Engenheiro Fernando Cartaxo e é comercializada pela empresa Comterra.

Existem ensaios deste sistema mas não foram disponibilizados. Atualmente está a ser desenvolvido um trabalho de investigação no LNEC sobre esta argamassa Suberlyme.

3.8.4 WEBER THERM NATURA - WEBER

Empresa fundada em 1900, a Weber destaca-se como líder mundial no desenvolvimento de argamassas industriais para o mercado da construção e reabilitação. Em 1996, a Weber junta-se ao grupo Saint-Gobain, e passa a chamar-se Saint-Gobain Weber, tornando-se numa multinacional atualmente presente em 43 países espalhados por quatro Continentes. [21]

Desde 2001 que a empresa implementou o programa de gestão integrada na produção de argamassas e neste momento é certificada pela IQNet e pela APCER (segundo as Normas ISO 9001, ISO 14001 e OSHAS *Occupation Health and Safety Assessment Series* 18001).

Tendo a Weber uma vasta gama de produtos ligados ao revestimento de fachadas e com as perspetivas de um crescimento generalizado no mercado dos ETICS, a empresa introduziu no seu guia de materiais os sistemas Weber Therm. Inicialmente as soluções apresentadas tinham como material isolante o poliestireno expansivo (EPS) e o poliestireno extrudido (XPS), tendo sido o primeiro submetido aos ensaios definidos na ETAG 004. O Weber Therm Classic (EPS) obteve o primeiro Documento de Homologação Português passado pelo LNEC para estes sistemas (DH 911). Mais tarde, o sistema Weber Therm Extra (XPS) obteve também um Documento de Homologação (DH 914).

Atualmente, a Weber apresenta no seu guia quatro soluções de sistemas ETICS, duas já referidas anteriormente e outras duas soluções novas. A Weber Therm Mineral é uma nova solução que incorpora como isolamento térmico a lã mineral (MW). Obteve uma Aprovação Técnica Europeia (ETA – 04/0077), em 2010, emitida pelo *Institut für Bautechnik* membro da EOTA Viena – Áustria. Finalmente, a outra nova solução, é a Weber Therm Natura que incorpora como isolante térmico o aglomerado de cortiça expandida (ICB). Refere a Weber que este sistema ainda não tem nenhuma Aprovação Técnica Europeia, estando em fase de estudo. Os materiais componentes e o processo construtivo são os mesmos utilizados nas outras soluções já referidas. Todos os produtos e acessórios utilizados são de marca própria.

O sistema Weber Therm Natura é composto por um produto de colagem que se desliga no suporte onde vai ser empregue. No caso de uma obra nova, o produto a ser empregue é o Weber Therm Pro composto por cimento, resinas, cargas minerais, aditivos e fibras sintéticas. No caso de uma obra de reabilitação, os produtos a serem empregues são o Weber Therm Pro, já referido, e o Weber Therm Flex P, que se distingue por ser um produto a aplicar em suportes sem absorção e é composto por cimento branco, cargas minerais, resinas e aditivos. Para a aplicação do produto em placas (ICB), o fabricante recomenda que o suporte seja rebocado, de modo a permitir aplicação de cola por barramento integral, com a incorporação de fixação mecânica com buchas.

O produto utilizado na camada de base é o Weber Therm Pro que incorpora uma armadura normal (160 $g.m^{-2}$) ou reforçada (340 $g.m^{-2}$) Weber Therm, aplicadas de igual modo para as diversas soluções de ETICS apresentadas pela marca.

Antes da aplicação do revestimento final, a superfície é preparada com um primário Weber Prim Regulador, aplicado com uma trincha ou rolo.

Para o acabamento final, a Weber apresenta três soluções: Weber Plast Decor M (textura média); Weber Plast Decor F (textura fina) composto por cargas minerais, resinas em dispersão aquosa, pigmentos, aditivos antifúngicos e aditivos; Weber Plast Gran, revestimento orgânico composto por granulados de mármore calibrado, polímeros sintéticos em emulsão aquosa e aditivos.

Os acessórios utilizados são de marca Weber e a sua aplicação não difere da generalidade das boas práticas utilizadas por outras marcas.

3.8.5. SISTEMAS DE ETICS COM ICB COM APROVAÇÃO TÉCNICA EUROPEIA (ETA)

Atualmente, no mercado europeu, só existem duas empresas com Aprovação Técnica Europeia (ETA) em sistemas ETICS com aglomerado de cortiça expandida (ICB), a empresa Austríaca Röfix AG e a Italiana Coverd Srl.

A Röfix AG foi a primeira empresa a obter uma Aprovação Técnica Europeia (ETA 05/0125) (Fig. 3.45) a 27 de abril de 2007, emitida pelo *Institut für Bautechnik*, membro da EOTA Viena - Áustria, com a designação comercial RÖFIX CORKTHERM. [10]

A Coverd Srl obteve uma Aprovação Técnica Europeia (ETA 11/0263) a 01 de Julho de 2011, emitida pelo *Istituto per le Tecnologie della Costruzione Consiglio Nazionale delle Ricerche*, membro da EOTA Milão - Itália, com a designação comercial BIOVERD. [11]

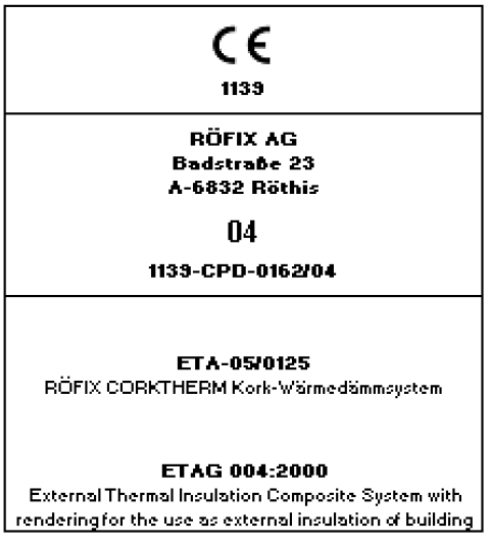


Figura 3.45 – Marcação CE de uma diretiva de conformidade do sistema ETICS da RÖFIX.

Ambos os sistemas se distinguem por apresentarem produtos minerais, ecológicos e biodegradáveis. Para além do isolamento térmico, aglomerado de cortiça expandida (ICB), os produtos de ligação ao suporte, a camada de base e alguns acabamentos são compostos essencialmente por cal, gesso, podendo ter ou não uma percentagem de cimento, aditivos e areias finas. [10] [11]

4

AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA EM REVESTIMENTO DE FACHADAS (ICB)

4.1. AS PRIMEIRAS APLICAÇÕES DA CORTIÇA EM PAREDES EM PORTUGAL

Desde a antiguidade que a cortiça tem acompanhado o quotidiano do ser humano. A sua aplicação estava profundamente enraizada na cultura de um povo e inclusive no modo como se construía, sendo utilizada como material integrante nas construções de então. São inúmeros os vestígios e ainda algumas aplicações em serviço, da incorporação da cortiça ligada às técnicas de construção de terra de antigamente, o adobe e a taipa.

Nas zonas de montado de sobro, mais difundidas por todo o território nacional do que atualmente, as aplicações da cortiça na construção abrangiam toda uma diversidade de aplicações e a sua utilização era transversal a todas as classes sociais.

O registo mais antigo do emprego da cortiça na construção vem de Castro da Cola, perto de Beja, onde foram encontrados silos no subsolo com revestimento de cortiça. Aplicação idêntica encontra-se na Sinagoga de Castelo de Vide, datada do final do século XIV. Em igrejas, casas e instalações, a cortiça era utilizada como material constituinte dos revestimentos de então. Apesar da tendência atual, nem sempre o emprego da cortiça se restringiu aos revestimentos ou forros. A sua utilização integrou paredes estruturais, com a utilização de pranchas ou pedaços geometricamente idênticos, sobrepostos e confinados em argamassas de terra. Existem referências, do início do século XX, em Vale de Feteira, concelho de Gavião, Portalegre, de casas cujas paredes estruturais foram construídas dessa forma, havendo mesmo uma delas em que foram empregues pedaços de cortiça provenientes de casas arruinadas, subentendendo-se que, nessa altura, já se conheciam as características duradouras da cortiça. Existem construções onde ainda hoje se pode observar o emprego da cortiça em paredes estruturais exteriores. A Herdade da Cascata, por exemplo, apresenta três diferentes formas do uso de cortiça, duas das quais chamadas de "alvenaria de pedaços de cortiça". Apresenta grandes pedaços de cortiça aplicados da mesma forma que os tijolos de terra (adobes) assentes uns sobre os outros, contrafiados, em que os espaços são preenchidos com uma argamassa de saibro e cal, dispostos com uma das faces regulares para o exterior. O interior da parede é preenchido com terra, pedaços mais pequenos de cortiça e pedra (Fig. 4.1.1). A outra, chamada de "alvenaria de pranchas de cortiça", mais comum entre os sistemas existentes, caracteriza-se pela forma da cortiça ser de pranchas com a sua curvatura natural, com 0,5 a 0,7 m de comprimento, definindo a espessura do muro. Estas encontram-se sobrepostas contrafiadas e de forma transversal ao muro, ligadas com argamassas de terra, funcionando da mesma forma como de tijolos de adobe se tratassem. No acabamento atual destas paredes sobressai no aspeto da heterogeneidade das pranchas que, expostas aos agentes atmosféricos, adquiriram uma tonalidade cinzenta. Observa-se, também, o recuo do material ligante, motivado pela erosão da terra (Fig. 4.1.2). [22] [23]

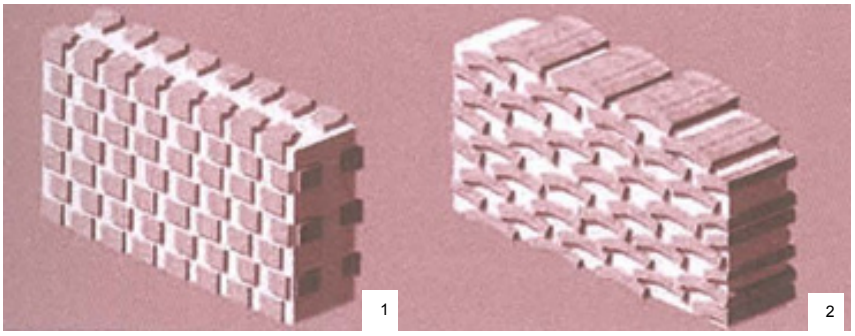


Figura 4.1 – 1- Alvenaria de pedaços de cortiça, 2 - alvenaria de pranchas de cortiça.

A aplicação da cortiça não se restringiu a edifícios de habitação. Também foi utilizada quer em elementos estruturais quer em revestimentos interiores. Exemplo disso é o Chalé da Condessa d'Edla, mandado construir pelo Rei D. Fernando II, para a sua segunda mulher, Elise Hensler, entre 1864 e 1869, em Sintra, na zona oriental do Parque da Pena.

O edifício, entre outras interessantes características, tem uma forte presença do uso da cortiça como elemento decorativo dos contornos dos vãos de portas e janelas (Fig. 4.2).

Após a queda da monarquia em 1910, o edifício passou para a tutela do Ministério da Agricultura e depois para o do Ambiente, sem nunca se ter posto em prática um plano de manutenção do Parque da Pena e, consequentemente, do Chalé. Ao longo dos anos, a degradação do edifício foi notória e, só em 2007, graças a um fundo comunitário (EEA – Grants), se deu início à recuperação do Chalé. [24]

Figura 4.2 – Chalé da Condessa D'Edla após recuperação.

4.2. O INÍCIO DE UMA NOVA APLICAÇÃO EM REVESTIMENTO DE FACHADAS

Decorria o ano 2000 e, em Hannover na Alemanha, dá-se início a uma Exposição Universal (EXPO 2000), subordinada ao tema "Humanidade, Natureza e Tecnologia". O intuito deste tema era a refleção do homem perante a sua influência e capacidade de alterar, criar novas formas de ambiente e tecnologia em prol de um bem comum.

A exposição foi influenciada pelo programa de ação ambiental para o século XXI (Agenda 21), Conferência do Rio de Janeiro de 1992, onde se firmaram acordos com o objetivo de minimizar os impactos provenientes da poluição feita pelo homem sobre o meio ambiente.

Após o sucesso da EXPO 1998 em Lisboa, e como já vai sendo hábito da participação de Portugal nestes eventos internacionais, pretendeu-se dar a conhecer aspetos culturais, sociais e ambientais, refletindo as preocupações do impacto ecológico no edifício português. O edifício apresentado traduziu a necessidade de compatibilização entre as atividades humanas e a natureza, juntando a tecnologia à utilização de materiais naturais e não poluentes, confrontando a tradição e a modernidade. [25]

O projeto do Pavilhão de Portugal foi concebido por dois dos maiores Arquitetos portugueses da atualidade, Álvaro Siza Vieira e Eduardo Souto Moura, e a conceção estrutural do edifício foi elaborada pelo Engenheiro António Adão da Fonseca.

O edifício tem um formato em L que assenta numa estrutura metálica. Caracteriza-se por ser desmontável, para posterior utilização, e ser coberto por uma membrana em tela sintética dupla translucida para iluminar o espaço interior durante o dia com um formato ondulado evocando o mar Português. Em duas das fachadas do pátio da entrada, foram aplicados azulejos vidrados de fabrico artesanal, salientando a tradição da arquitetura portuguesa na utilização destes materiais, numa conjugação de cores que evocam a luz do sol e o azul do mar. Na fachada principal do edifício foi utilizada pedra lioz rosada, por ser um material português tradicionalmente utilizado na nossa arquitetura e decoração, mas com uma forte procura para a exportação. [25]

A característica principal, a mais inovadora e marcante, foi a utilização de aglomerado de cortiça expandida como revestimento das fachadas. Este material, de origem vegetal e de características únicas, exprime-se pelas suas propriedades de isolamento acústico e térmico, apresenta uma elevada versatilidade, é 100 % reciclável e traduz uma importância vital na economia portuguesa, sendo o nosso país o maior produtor de cortiça à escala mundial.

Após a exposição, o pavilhão foi adquirido pela Câmara Municipal de Coimbra e, em 2002, instalado dentro do Parque Verde do Mondego e batizado como Pavilhão Centro de Portugal (Fig. 4.3). Em 2008, o Presidente da Câmara Municipal de Coimbra, Doutor Carlos Encarnação, entregou à Orquestra Clássica do Centro os direitos de exploração do espaço, que se tornou desde então a sua sede e onde periodicamente se realizam atividades culturais.

Figura 4.3 – Pavilhão Centro de Portugal na atualidade

4.3. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

4.3.1 SUPORTE

O aglomerado de cortiça expandida (ICB), quando aplicado no revestimento de fachadas, deve ser colocado em superfícies planas verticais exteriores.

Os suportes podem ser constituídos por paredes de alvenaria de tijolo, blocos de betão, pedra, betão celular, painéis pré-fabricados de betão ou estruturas metálicas, havendo a facilidade de adotar o modo de fixação mais indicado.

Os suportes devem estar limpos de poeiras, areias, produtos descofrantes, materiais ou tintas desagregadas, eflorescências, destacamentos de rebocos. Essas superfícies devem ser devidamente reparadas, bem como qualquer tipo de anomalia que influencie negativamente a capacidade de aderência ou estabilidade da fixação. As características da qualidade da superfície são ainda de maior exigência se a opção tomada for apenas a colagem das placas de ICB.

Não existem referências acerca da aplicação destes revestimentos em reabilitação de fachadas.

Devem ser analisados aspetos relevantes como: a dimensão da área a revestir; a planeza da superfície; a dimensão e forma dos vãos e dos peitoris; a localização e forma de fixação das tubagens da rede de drenagem de águas pluviais; a existência de terraços, juntas de dilatação ou instalação elétrica; o tipo de cobertura e configuração do seu contorno; a existência de grelhas de ventilação; a identificação de todos os outros elementos a fixar na fachada.

4.3.2 MATERIAIS

4.3.2.1 Produto de colagem

Os produtos de colagem devem ser definidos em função do tipo de suporte e das condições ambientais, aquando da aplicação em serviço.

Os produtos utilizados para o assentamento das placas de ICB ao suporte, são colas de resinas de reação, definidas como adesivos da classe R2 ou R2T e são regulados segundo a norma EN 12004:2007. São misturas de resinas sintéticas, cargas minerais e aditivos orgânicos, sendo o seu endurecimento realizado por reação química.

A norma EN 12004 define as classes dos adesivos (Quadro 4.1): R - Colas de resinas de reação; 2 – Adesivo melhorado; T – Adesivo com resistência ao deslizamento vertical.

Quadro 4.1 – Especificação para colas de resinas de reação.

	Especificação para colas de resinas de reação R	
	Característica	Requisito
Características fundamentais	Resistência inicial ao corte	≥2 N/mm²
	Resistência ao corte após imersão em água	≥2 N/mm²
	Aderência à tração: Tempo aberto	≥0,5 N/mm² após 20 min.
Características adicionais	Aderência ao corte após choque térmico	≥2 N/mm²
	T – Adesivo em dispersão de deslizamento vertical reduzido	
	Deslizamento vertical	0,5 mm

Estes produtos apresentam-se no mercado em embalagens de 12 e 25 kg (Fig. 4.4) e preparam-se misturando dois componentes com uma misturadora helicoidal em percentagens definidas nas especificações do produto.

A sua aplicação é sempre realizada com a utilização de uma talocha, espalhando o produto por toda a superfície da placa de forma continua.

Figura 4.4 – Colas de resinas de reação R2 e R2T em baldes de 25 kg.

Não existe qualquer estudo sobre as vantagens na utilização deste tipo de colas em detrimento de outras. Esta referência deve-se à prática comum das empresas que produzem estas aplicações e que referem que estas são as únicas soluções que garantem uma estabilização adequada e tornam a superfície de contacto impermeável à água, sendo esta uma exigência a cumprir.

4.3.2.2 Fixação mecânica do revestimento

Existem três soluções possíveis para a fixação do revestimento: colagem das placas, colagem e utilização de uma fixação mecânica e apenas a utilização de uma fixação mecânica, embora esta ultima exija sempre a utilização da cola ou um mástique, mas apenas na interface das bordas das placas.

Existe um grande número de soluções possíveis para a fixação mecânica. As exigências relativamente às soluções adotadas estão relacionadas com o tipo de suporte e com os esforços existentes entre as fixações e o revestimento motivadas pelas influências higrotérmicas e pelo peso das placas.

A fixação mecânica pode ser realizada com o recurso à utilização de buchas em PVC ou *nylon*, semelhantes às utilizadas nos sistemas ETICS, ou com a utilização de uma normal bucha em *nylon* indicada para o tipo de suporte onde será utilizada, com a utilização de um parafuso de pressão de aço inox 316 e uma arruela também em aço inox 316, com um diâmetro externo $\geq$ 20 mm.

A resistência à tração, de uma bucha semelhante às utilizadas no sistema ETICS ou uma bucha em *nylon* usualmente utilizada, pode variar entre os 0,05 kN e 1,2 kN. Devido às características físicas do ICB, é perentório afirmar-se que, em condições normais, se for realizado um ensaio de arrancamento do revestimento ao suporte, a rotura vai acontecer na zona de vizinhança da fixação mecânica por degradação física do revestimento. Neste sentido pode adotar-se um variadíssimo leque de opções em relação às fixações mas tendo sempre em atenção a definição da superfície de contacto / pressão da fixação no ICB, que garanta estabilidade às solicitações que lhe são impostas.

O ICB para revestimentos de fachada, tem uma Resistência à Compressão com 10% da deformação de $\geq$ 1 kgf.cm^{-2}, de acordo com a NP EN 826 e segundo as indicações de um fabricante. Ao utilizarmos arruelas com diâmetro de 20 mm, obtemos uma superfície de contacto com uma área de 3,14 cm^2 por arruela. Considerando que 1 kN = 100 kgf, obtemos uma resistência de 0,0314 kN/arruela. Normalmente são utilizadas 4 fixações por placa, o que permite obter uma resistência ao arrancamento de 0,1256 kN/placa.

A apresentação destes cálculos serviu apenas para dar uma perceção simples da influência dos vários elementos que compõem o sistema, visto que até esta data não foram realizados estudos relativos a estas aplicações.

4.3.2.3 Aglomerado de cortiça expandida (ICB)

O aglomerado de cortiça expandida (ICB), utilizado como revestimento de fachada, caracteriza-se por ter uma densidade superior ao *standard* ou térmico normal, a sua densidade varia entre os 140/160 kg.m^{-3}. Apresenta-se no mercado em volumes de 12 a 19 kg com 15 a 4 placas de espessura variada e arestas vivas lineares (Fig. 4.5.1). As placas podem ser aplicadas com a

dimensão *standard* de 1000 x 500mm, por colagem, ou preparadas em fábrica, alterando a geometria mediante as pretensões do projetista. Atualmente, a alteração mais solicitada é a obtenção de placas com faces desfasadas (Fig. 4.5.2 e 4.5.3), com o intuito de anular as eventuais pontes térmicas nas juntas das placas e a possibilitar a utilização de fixação mecânica oculta. A espessura de isolamento térmico a utilizar deverá ser definida pelo cálculo térmico e corresponder à norma de referência, com o acréscimo de uma espessura que garanta que a camada de isolamento não seja afetada pelas solicitações ambientais. Esta camada de isolamento extra é definida em 4.3.4.

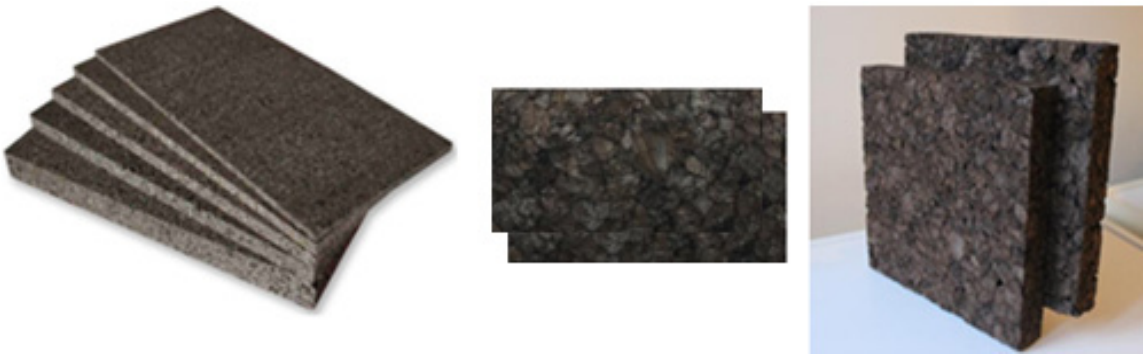


Figura 4.5 – Placas de ICB: 1- de geometria *standard*; 2 e 3 - de faces desfasadas.

Apresentam-se, de seguida, dados técnicos do material (Quadro 4.2):

Quadro 4.2 – Características técnicas do ICB para revestimento de fachadas.

Comprimento	1000 ± 5 mm	NP EN 822
Largura	500 ± 3 mm	NP EN 822
Espessura	(20 a 50 mm) ± 1mm (55 a 160 mm) ± 2mm	NP EN 823
Esquadria	≤ 2 mm	NP EN 824
Planeza	≤ 2 mm	NP EN 825
Massa Volúmica Aparente	≤ 130 kg/m3	NP EN 1602
Coeficiente de Condutibilidade Térmica	≤ 0,040 W/m. °C	EN 12667
Rigidez Dinâmica (por 50 mm de espessura)	≤ 126 MN/m3	EN 29052-1
Resistência à Flexão	≥ 130 kPa	NP EN 12089
Resistência à Compressão (10% deformação)	≥ 100 kPa	NP EN 826
Resistência à Tração Perpendicular às Faces	≥ 50 kPa	NP EN 1607
Teor de Água	≤ 8%	EN 12105
Absorção de Água	≤ 0,5 kg/m2	NP EN 1609
Reação ao Fogo	≤ 150 mm (h)	EN ISO 11925-1
Tempo de Atraso	± 13 h / 20 cm	NBR 15220-2:2005
Reciclável	100%	
Durabilidade	Ilimitada	

O ICB distingue-se por ser um material de combustão lenta que não liberta gases tóxicos nem é atacado por roedores ou térmitas.

Os dados acima apresentados (Quadro 4.2) referem-se às fichas de produto apresentado pelos fabricantes de ICB vocacionado para o sistema de revestimento de fachada segundo a norma EN 13170:2008 (*Thermal insulation products for buildings. Factory made products of expanded cork (ICB). Specification*).

Os valores de Isolamento Térmico por espessura de placas de aglomerado de cortiça expandida são os que se apresentam no quadro 4.3: (K= Condutância Térmica)

Quadro 4.3 – Valores de Condutância térmica do ICB.

Valores de Condutância Térmica	
Espessura (mm)	K (W/m² K)
10	4,00
20	2,00
30	1,33
40	1,00
50	0,80
60	0,67
70	0,57
80	0,50
90	0,44
100	0,40
110	0,36
120	0,33
130	0,31
140	0,29
150	0,27

4.3.3 EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

4.3.3.1 Análise e preparação do suporte

Os suportes devem apresentar uma superfície plana, coesa e sem irregularidades.

A superfície a revestir não deverá apresentar poeiras, partículas desagregadas, indícios de humidade provocados pela chuva ou outras causas. Aquando da execução de um paramento novo (suporte) dever-se-á ter um tempo de espera à volta dos 40 dias, antes de dar início aos trabalhos.

Se o suporte for um muro novo de betão dever-se-á ter em atenção a rebarbas, restos de cofragem e possíveis incompatibilidades entre o agente de descofragem e as colas. Para eliminar a incompatibilidade poder-se-á realizar uma decapagem ou então fazer um reboco compatível com as colas. Dever-se-á ter em especial atenção compatibilidade do produto de colagem com as características químicas da superfície do suporte.

Devem ser previstos os ajustes dimensionais das placas nos vãos, cantos e pontos singulares.

Não serão referidas aplicações desta natureza para a reabilitação de um paramento porque, até à data, não existem referências dessa aplicação, embora não exista nenhuma contraindicação para o seu desenvolvimento futuro.

4.3.3.2 Condições de aplicação do sistema

Não devem ser realizados trabalhos de colagem das peças ao suporte durante períodos de chuva, neve, com temperaturas inferiores a 5 °C, em casos de exposição ao sol nos meses de verão, com temperaturas superiores a 30 °C ou quando existam ventos fortes. Aquando da execução, se houver proteção com toldos contra a chuva ou sol direto, deverá haver a preocupação de proteger as zonas superiores devido às possíveis infiltrações entre o suporte e as placas de ICB.

Caso a aplicação seja apenas mecânica, existe uma maior liberdade ao nível das condições ambientais na aplicação do revestimento visto que a maior preocupação reside nas características físicas do suporte. Mesmo neste caso dever-se-á sempre garantir que não existe a possibilidade de haver infiltrações na interface com o suporte, nem no revestimento da aplicação e que a superfície do suporte apresenta características de salubridade e resistência à instalação de matéria orgânica.

4.3.3.3 Fixação das placas de ICB ao suporte

4.3.3.3.1 Fixação por colagem

Este exercício requer especial atenção, dado que a sua má execução levará a grandes deficiências construtivas, não só pela ineficiência do produto de colagem mas também pelas tensões existentes na interface cola/revestimento, sendo esta a zona onde existem maiores tensões em toda a superfície. Todas as recomendações da ficha do produto deverão ser cumpridas de modo a obter um bom desempenho do material.

A cola deverá ser aplicada com uma espátula lisa por toda a superfície do suporte com uma espessura de 2 mm. De seguida será realizada a aplicação da cola na superfície do revestimento com uma talocha dentada e com uma espessura de cola de 2 a 4 mm, espalhada por toda a superfície da placa de forma contínua (Fig. 4.6).

As placas de ICB são colocadas de topo a topo, em fiadas horizontais, dispostas com juntas verticais desencontradas, com a ajuda de uma talocha ou de um martelo de borracha. A regularidade da superfície deverá ser constantemente verificada com o auxílio de uma régua. Devem tomar-se as precauções necessárias para que não existam desníveis entre placas.

Os ajustes dimensionais das placas nos vãos, cantos e pontos singulares devem ser realizados após a colagem das placas.

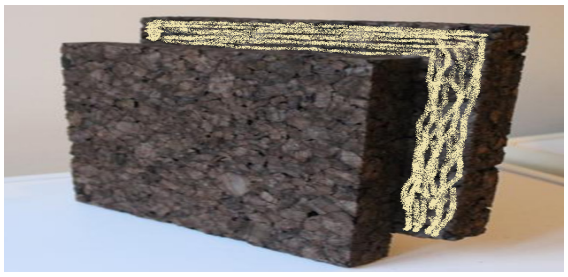


Figura 4.6 – Distribuição da cola na superfície que vai de encontro à face de outra peça.

No caso de a aplicação ser realizada apenas por colagem, a solução da geometria de pranchas vulgarmente utilizada é a *standard* de 1000 x 500 mm e de espessura variada mediante as recomendações regulamentares.

Existe a preocupação natural, em revestimentos de paramentos de zonas habitáveis, de anular as juntas entre placas, utilizando uma geometria com as faces desfasadas. Esta é a solução utilizada quando se realiza uma fixação mecânica, mas que pode ser utilizada apenas com a utilização de colas.

4.3.3.3.2 Fixação mecânica

A fixação mecânica só é utilizada em placas de ICB com faces desfasadas. Independentemente de se utilizar ou não cola na face de contacto com o suporte, a sua aplicação é realizada na face interior oposta à de contacto com o suporte. O intuito desta aplicação é de que, ao sobrepor as outras placas, as fixações fiquem ocultas, tanto por razões de proteção à ação dos agentes ambientais como por razões estéticas.

As placas podem já ter as furações de fábrica o que simplificará o trabalho. Se houver a necessidade de realizar as furações em estaleiro de obra, estas devem ser realizadas com um ponteiro de carpinteiro de ponta afiada e a furação deve ser sempre perpendicular à face de contacto com o suporte, sempre em linha de simetria, na face interior. O diâmetro do ponteiro deve ser sempre de 2/3 do diâmetro dos parafusos a serem utilizados. Se as faces tiverem uma espessura considerável, a furação pode ser realizada com apoio de um berbequim em baixa rotação, com broca de madeira de diâmetro de 2/3 do diâmetro dos parafusos.

Por placa são normalmente realizados quatro furos: dois na face horizontal e dois na face vertical, sempre equidistantes uns dos outros. Não existe qualquer contraindicação para realizar mais do que quatro furações por placa mas nunca menos do que estas.

O início da aplicação é realizado na zona inferior de uma das extremidades da fachada com o apoio de uma régua de nível.

São realizadas as furações no suporte em consonância com as existentes na placa. Com a ajuda de um martelo de borracha encaixam-se as buchas de *nylon* nos quatro furos realizados no suporte. É realizado o aparafusamento da placa com um aperto igual até à superfície em torno da arruela até ficar com uma ligeira concavidade e toda a superfície da placa não apresentar nenhuma saliência motivada pela aplicação. Salienta-se que os parafusos devem ser de cabeça de embeber.

A operação é realizada em alinhamentos horizontais com as juntas verticais desencontradas (Fig. 4.7).

Todas as placas são aplicadas da mesma forma, com sobreposição de faces e oclusão da fixação mecânica. A superfície de encaixe ou encosto entre placas poderá levar um cordão de cola ou mástique.

Os ajustes dimensionais das placas nos vãos, cantos e pontos singulares devem ser realizados após a fixação das placas.

Figura 4.7 – Distribuição da fixação mecânica numa placa de ICB.

Esta é uma tentativa de descrição das soluções mecânicas mais visíveis nas obras realizadas até então, não existindo modelos *standards* para estas fixações.

Devido à facilidade da trabalhabilidade do ICB, os projetistas podem e devem adaptar soluções que entendam que se enquadrem melhor nos fins a que se destinam (Fig. 4.8).

Figura 4.8 – Pormenores de uma fixação mecânica de uma fachada.

4.3.4 Análise de uma Espessura Extra da Camada de Revestimento para Resistir às Solicitações Ambientais

Até à existência do Pavilhão Centro de Portugal, nunca o ICB tinha sido utilizado como revestimento de fachada com as funções de resistir às solicitações ambientais e garantir as exigências regulamentares térmicas e acústicas. Nas suas aplicações normais, de isolamento térmico e acústico, todo o volume do material funciona sobre as mesmas condições de humidade e temperatura, estando este sempre resguardado da influência direta do exterior.

Com esta nova aplicação, é de exigência primordial obter uma espessura teórica que tenha apenas como função garantir que a camada interior não seja afetada pelas solicitações ambientais.

Não existindo até à data ensaios sobre estas novas funções são, de seguida, apresentadas referências importantes que poderão ajudar na decisão aquando da escolha da espessura a utilizar.

O ICB para revestimentos de fachada, tem uma Absorção de Água $\leq$ 0.5 kg.m $^{-2}$, perante a NP EN 1609:1998. Esta norma determina o grau de absorção de água por imersão parcial do material. O ensaio é designado como um ensaio de curta duração e tenta simular a absorção de água que pode ocorrer, durante a construção, num período de 24 horas. É uma norma direcionada apenas para produtos de isolamento térmico, nas suas condições normais de funcionamento.

Com um simples cálculo, podemos ter a perceção da influência da água em contacto com a superfície do revestimento.

A Norma NP EN 1609:1998 indica que os ensaios são realizados com água a uma temperatura de 23 ± 5 °C. Sendo a densidade da água, a uma temperatura de 22°C, de 997,77 kg.m^{-3}, passaremos, por arredondamento a considerar a sua densidade de 1000 kg.m^{-3}.

Considerando as equivalências: 1000 l$\rightarrow$ 1 m ^{3} $\rightarrow$ 1000 kg de água, os dados obtidos de uma absorção de água $\leq$ 0.5 kg.m^{-2}, obtemos o resultado de que a água absorvida pelo revestimento, nas condições do ensaio, é inferior a 0,5 mm da espessura do revestimento.

Sendo o ICB, pela sua natureza, um material com alguma rugosidade, porosidade e que por vezes tem variações na sua homogeneidade intrínseca, podemos referir que, apesar do ensaio segundo a norma NP EN 1609:1998 apresentar um resultado satisfatório existem outras condicionantes a ter em conta.

Estes ensaios são realizados com provetes de ICB, antes da sua entrada em serviço, logo não são consideradas as condicionantes do seu desgaste natural causado pelos agentes ambientais e biológicos e intervenções futuras de manutenção que poderão reduzir a espessura do revestimento.

A orientação da fachada, motivada pela influência da luz incidente, humidade e exposição ao vento, são condicionantes importantes a serem levadas em consideração.

Por todas as condicionantes existentes, propõe-se que seja garantida uma espessura extra entre 1,5 a 2,0 cm de espessura. Alguns fabricantes sugerem que essa espessura seja de 2,0 cm.

Havendo atualmente um aumento destas aplicações em edifícios, é necessário que os fabricantes realizem ensaios destas aplicações, tanto para que os projetistas possam tomar decisões com bases credíveis como também para que os próprios fabricantes possam alterar algumas características do produto, melhorando-o. Neste último caso, sugere-se que se desenvolva um ICB com uma superfície de contacto com o exterior mais densa sem nunca alterar as naturais características de um aglomerado de cortiça expandida.

4.4. MARCAÇÃO CE DO ICB PARA FACHADAS

4.4.1 REQUISITOS BÁSICOS DE UM REVESTIMENTO DE FACHADA COM ICB

4.4.1.1 Resistência mecânica e estabilidade

Os requisitos de resistência mecânica e estabilidade dos elementos construtivos não resistentes incluem-se no requisito "Segurança e acessibilidade na utilização" (RB4).

4.4.1.2 Segurança contra incêndio

Os requisitos de reação ao fogo em fachadas dependem das características do edifício em questão.

Em edifícios com superfícies de alguma dimensão devem ser previstas delimitações corta-fogo entre pisos, isolando áreas de painéis. Essas delimitações devem ser constituídas por material não combustível de Classe M0. A sua geometria pode ser em perfilado de largura superior em relação à superfície do revestimento, obtendo-se a sua saliência em toda a superfície. A sua distribuição pode ser em molduras ou em distribuição horizontal por todo o perímetro do edifício.

Os suportes devem ser constituídos por materiais não combustíveis de classe M0.

O aglomerado de cortiça expandida (ICB) tem a particularidade de ser um revestimento de fachada mas também um isolante térmico e acústico. Tem uma classe de fogo, Euroclasse E, segundo a norma NP EN 13501-1:2007. Tem uma combustão retardada e os fumos libertados não são considerados tóxicos. A sua utilização deve ser limitada a edifícios de baixa altura e a edifícios especiais.

As classes de reação ao fogo máximas admissíveis para os revestimentos exteriores de paredes de edifícios de habitação são as seguintes: M3 (materiais moderadamente inflamáveis) – nos edifícios de habitação unifamiliar ou edifícios de habitação coletiva de altura não superior a 9 m; M2 (materiais dificilmente inflamáveis) – nos edifícios de habitação de altura não superior a 28 m; e M1 (materiais não inflamáveis) – nos edifícios de habitação de altura superior a 28 m. [14] [31]

4.4.1.3 Higiene, saúde e ambiente

Em particular o ICB e em geral o conjunto formado pelos vários componentes do paramento devem resistir à humidade proveniente do exterior e evitar a ocorrência de condensações superficiais internas.

Os paramentos deverão impedir que a humidade do solo, chuva e neve entrem nas camadas constituintes do sistema de modo a não o degradar e impedir a perca das suas características principais.

O revestimento não tem, por si só, a capacidade de resistir a choques de alguma intensidade que possam ocorrer na sua utilização normal. Sendo assim, em algumas zonas de maior concentração de pessoas devem ser previstas barreiras físicas para impedir a sua degradação. A estrutura deverá permitir o apoio de equipamentos de manutenção sem provocar danos na parede.

O aglomerado de cortiça expandida é um produto 100 % natural, ecológico, biodegradável e é reutilizável e fixador de carbono e tem propriedades químicas que têm propensão para inibir o ataque de roedores e térmitas.

Devido à sua característica de rugosidade superficial, este revestimento facilita a instalação de poeiras e microrganismos e, por tal, devem ser previstas ações de limpeza com uma maior frequência do que em revestimentos ditos tradicionais.

Todos os trabalhos de construção e manutenção devem cumprir a legislação e regulamentação em vigor. Os trabalhos não podem ser fonte de instabilidade ambiental e devem cumprir escrupulosamente as regras da boa utilização do bem comum.

4.4.1.4 Segurança e acessibilidade na utilização

Embora os revestimentos em ICB não tenham função estrutural, a sua resistência mecânica e estabilidade são alvo de exigências. Devem resistir às solicitações resultantes do próprio peso, resistir aos esforços internos de ligação entre os materiais e suporte causados pela sua exposição às variações de temperatura, humidade, vento e movimentos estruturais.

O ICB tem a característica física de amortecimento de impactos causados por ações exteriores de pessoas. Esta característica não deve ser um prossuposto para não existirem condicionantes a estas ações e por sua vez o paramento também não deve apresentar saliências ou outras deformações que ponham em risco o indivíduo.

As edificações devem ser concebidas de modo a não apresentarem riscos inaceitáveis de acidentes ou danos durante a sua utilização e funcionamento, como por exemplo, riscos de escorregamento, queda, colisão, queimadura, eletrocussão e lesões provocadas por explosão e roubo.

A sua conceção deve ser realizada de modo a dar acessibilidade de utilização por pessoas com deficiência.

4.4.1.5 Proteção contra o ruído

Apesar do ICB ter um excelente comportamento no isolamento de ruídos de percussão e aéreos, estas exigências não são consideradas, visto serem tomadas no conjunto total da parede considerando as alvenarias, e se for o caso, os vãos.

4.4.1.6 Economia de energia e isolamento térmico

O ICB melhora as características térmicas do edifício e permite reduzir as necessidades de aquecimento (no inverno) e de arrefecimento (no verão). A resistência térmica deverá ser

avaliada em função da localização geográfica da edificação, para que possa ser introduzida no cálculo térmico exigido pelo RCCTE, através do Decreto-Lei n.º 80/2006. [6]

Para que o ICB tenha capacidade funcional de isolamento térmico para o qual foi determinado, uma espessura extra ou uma superfície de revestimento em contacto com o exterior deverá ter a capacidade de não deixar que a água chegue à camada interior e de conseguir expulsar a água em contacto com a superfície por evaporação.

O ICB tem a característica de ser o material mais bem classificado na capacidade de atraso térmico na transmissão de calor. Esta é uma vantagem que permite reduzir gastos energéticos quando utilizado como um revestimento.

4.4.1.7 Utilização sustentável dos recursos naturais

As intervenções de construção ou manutenção nas edificações devem ser caracterizadas por uma utilização sustentável dos recursos naturais.

O ICB é um material 100 % natural, ecológico e fixador de carbono e apresenta um tempo de atraso térmico muito inferior, quando comparado com outros conhecidos materiais isolantes. Tem uma grande capacidade de reutilização após o fim de vida do edificado. Os indicadores de energia consumida na sua produção são muito baixos.

Todos os componentes devem conservar as suas propriedades durante toda a vida útil para as condições normais de utilização e de manutenção, para que a qualidade do revestimento se mantenha.

5

APLICAÇÕES DE ICB COMO REVESTIMENTO DE FACHADAS – ESTUDO DE CASOS

5.1 INTRODUÇÃO

A utilização de ICB como material de base em revestimentos de fachadas iniciou a sua fase "moderna", como vimos, em 2000 em Hanover na Alemanha.

Há ainda um grande caminho a percorrer! Neste capítulo procura-se dar conta do que se tem feito recentemente em Portugal a este nível, apresentando e discutindo dois casos emblemáticos, com destaque para o pavilhão Centro de Portugal, e descrevendo também de forma muito genérica outras realizações arquitetónicas de que o autor desta dissertação tomou conhecimento e conseguiu minimamente caracterizar pesquisando na Internet.

Os dois casos principais foram objeto de visita ao local. Pretendeu-se analisar e descrever o atual estado de conservação dos revestimentos em ICB e assim refletir sobre o que há a fazer no futuro próximo ao nível de fabricantes, projetistas e investigadores no sentido de melhorar a qualidade das realizações e também dos produtos base fornecidos pela indústria nacional do setor.

5.2. PAVILHÃO CENTRO DE PORTUGAL, UMA REFERÊNCIA

5.2.1 O PAVILHÃO COMO LABORATÓRIO

Sendo esta a primeira aplicação de aglomerado de cortiça expandida em revestimento de fachada alguma vez realizada, tem naturalmente suscitado uma curiosidade generalizada. De um modo experimental, esta aplicação foi resistindo às condições atmosféricas e, passados dez anos da montagem do pavilhão em Coimbra e sem nunca ter sido realizada nenhuma manutenção, o revestimento apresenta ótimas condições.

Não havendo estudos realizados sobre esta aplicação, pode considerar-se que o Pavilhão Centro de Portugal é um laboratório para a experimentação real desta solução construtiva. Os projetistas têm-no tomado como referência e, atualmente, existe um número interessante desta aplicação nos mais variados géneros de edifícios.

Tendo sido o aglomerado de cortiça expandida (ICB) disponibilizado por uma empresa portuguesa, atualmente esta aplicação faz parte de um conjunto de soluções construtivas apresentadas pelas empresas que comercializam produtos ligados à cortiça para a construção.

As empresas disponibilizam alguma informação sobre o sistema de montagem a aplicar, segundo a prática existente nos edifícios já realizados mas, graças à trabalhabilidade do material, o projetista poderá apresentar uma nova solução das características geométricas das peças e facilmente as empresas adaptam o material às expectativas desejadas.

5.2.2 Solução Construtiva no Pavilhão Centro de Portugal

Não existe pormenorização construtiva disponível do Pavilhão Centro de Portugal (Fig. 5.1 e 5.2) mas, com base numa análise visual realizada no local, compreende-se que à estrutura metálica do pavilhão foram fixos perfis em aço com 1 cm de espessura e 16 a 17 cm de largura percorrendo todo o perímetro exterior do edifício. Na zona frontal do edifício, o perfilado metálico tem a configuração de uma moldura, onde é realizado o encaixe dos blocos. Sobre esses perfis, na base, é realizado o arranque da montagem do revestimento. Os blocos de ICB têm 15 cm de espessura com faces desfasadas e são encaixados sobrepostos (Fig. 5.1). Após o aparafusamento do primeiro a um suporte existente na interface da junta entre blocos, foi passado um cordão de mástique para uma melhor aderência e estabilidade entre blocos.

Figura 5.1 – Pormenor construtivo do encaixe dos blocos do Pavilhão Centro de Portugal.

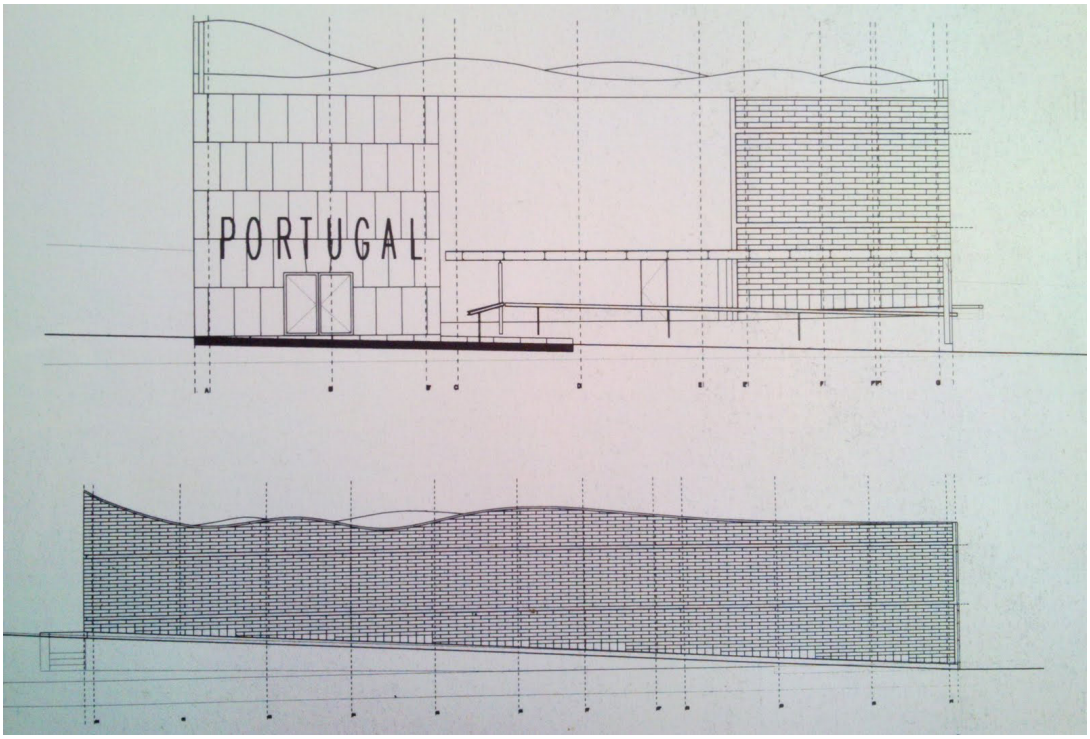


Figura 5.2 – Alçado principal oeste e lateral norte do Pavilhão Centro de Portugal.

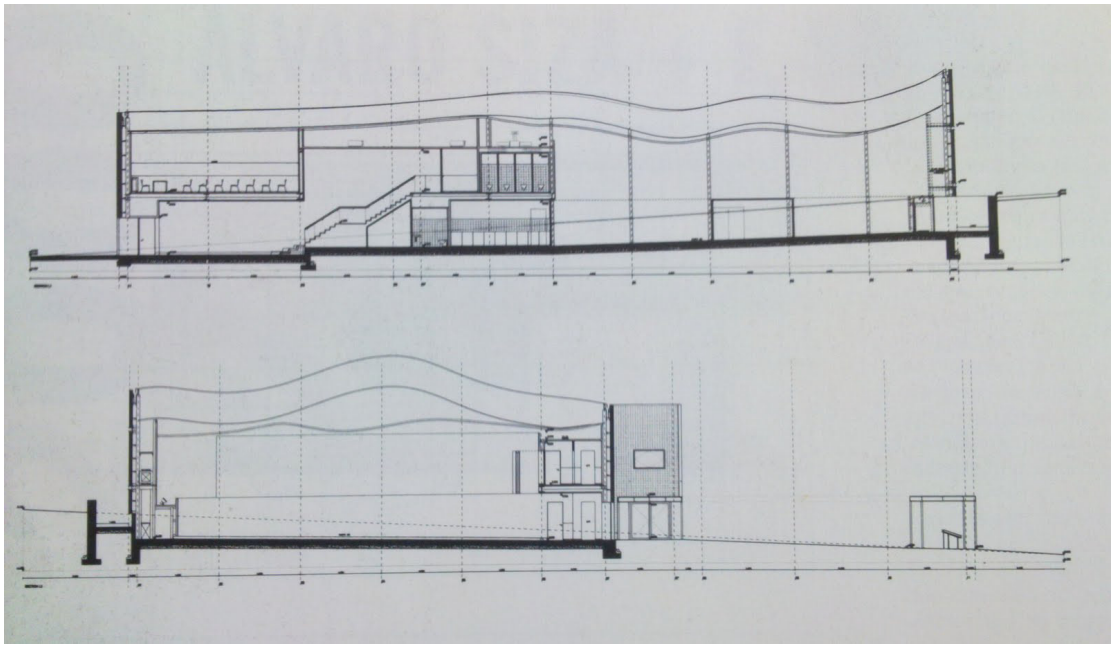


Figura 5.3– Corte lateral sul e corte lateral este do Pavilhão Centro de Portugal.

5.2.3. Caracterização do Estado do Revestimento (ICB) do Pavilhão Centro de Portugal e Proposta de Manutenção

5.2.3.1 Caracterização do clima Conimbricense na última década

A cidade de Coimbra está localizada na região da Beira Litoral, a uma latitude de 40-12N, longitude de 088-25W e a uma altitude de 140 m.

O clima é temperado com verão seco e suave e o inverno chuvoso e ameno. Segundo o Instituto de Meteorologia de Portugal (IP), que apresenta dados de 1981 a 2010, nos meses mais quentes, julho e agosto, a temperatura atingiu picos de 41,6 °C, com uma temperatura média diária de 21,9 °C, uma temperatura mínima de 6,4 °C e uma precipitação média de 14,3 mm. Nos meses mais frios, dezembro e janeiro, a temperatura atingiu – 4,5 °C de mínima, com uma temperatura média a rondar os 9.9 °C e uma precipitação média no mês mais chuvoso (dezembro) de 126,2 mm. Coimbra tem uma insolação média nos meses mais quentes de 9,9 horas de luz diária e nos meses mais frios de 5 horas de luz diária.

Os ventos são predominantemente de norte com a variação de alguns dias chuvosos que se apresentam de sul. Nos dias de temperaturas extremas, tanto de inverno como de verão, os ventos são predominantemente de leste caracterizando-se por serem secos.

O Pavilhão Centro de Portugal está localizado numa zona do país onde as condições climatéricas são as médias normais encontradas em praticamente todas as regiões e, neste sentido, podem tirar-se ilações importantes sobre as condições da aplicabilidade do revestimento.

O pavilhão tem a fachada de maior superfície orientada a noroeste, a intermédia a sudeste, uma de menor superfície a nordeste e uma de pequenas dimensões, orientada a sudoeste (Fig. 5.4).

No subcapítulo seguinte (5.2.3.2), apenas são considerados os pontos cardeais principais para definir a orientação das fachadas.

Figura 5.4 – Orientação geográfica do Pavilhão Centro de Portugal.

5.2.3.2 Caracterização do estado das fachadas e sua manutenção

No dia 8 de março de 2012, por volta das 11:30 h, foi realizado um levantamento fotográfico ao Pavilhão Centro de Portugal, com o objetivo de caracterizar a solução construtiva do revestimento adotada, fachadas em ICB, e avaliar o seu estado de conservação.

O estado do revestimento das fachadas tem aspeto e caraterísticas distintas mediante a orientação geográfica.

5.2.3.2.1 Fachada norte

Na fachada com orientação norte, o revestimento tem uma cor acinzentada. Esta caraterística é normalmente motivada por uma superior concentração de humidade, por uma mais baixa temperatura superficial do revestimento e pela existência de poeiras. Existe uma grande quantidade de líquenes distribuídos em alinhamentos verticais, sendo percetível a sua predominância em zonas de escorrências motivadas pela chuva (Fig. 5.5).

Devido à rugosidade da superfície do material e às características da envolvente exterior, existe uma concentração de poeiras e teias de aranha distribuídas por toda a superfície com maior incidência em zonas de menor altura. As irregularidades da superfície na transição entre blocos são motivadas pelo destacamento de alguns blocos. Devem-se não só à degradação da sua fixação como também à existência de expansão e contração devidas à variação de humidade.

Existem algumas lacunas no revestimento, embora seja percetível que essas anomalias se devem ao impacto de objetos lançados pelo homem. O ICB tem propriedades químicas, que têm

propensão em inibir o ataque de roedores e térmitas, logo não são estes os agentes causadores das lacunas.

A distinção de tonalidade e algumas manchas percetíveis entre blocos, tanto no caso do Pavilhão Centro de Portugal, como na generalidade dos casos, não está diretamente relacionada com a orientação da fachada nem com a existência de humidade (Fig. 5.5). Embora esta última possa acentuar uma maior discrepância na tonalidade, por poder haver uma maior concentração na zona das manchas. Estas são uma característica inerente a todas as frentes e estão relacionadas com o fabrico do material, que poderá ter causas diversas, tais como: existência de diferentes granulometrias e concentrações de resinas nas misturas de granulado; durante o processo da autoclavagem, a exsudação das resinas pode não ter sido realizada de igual modo para todo o volume do bloco provocando concentrações diferentes; o grau de cozimento pode não ter sido uniforme em todas as regiões do bloco; em diferentes lotes pode ter havido uma maior concentração de matéria carbonatada, causada por um exagerado cozimento em algumas zonas do bloco. Entre estes e outros fatores do processo de fabrico, existem muitas condicionantes que alteram as características do produto final e que muitas vezes só são percetíveis com o ICB em serviço. Neste contexto pode afirmar-se que o ICB não é um material homogéneo em toda a sua superfície e cada bloco ou peça podem ter comportamentos diferenciados em contacto com a humidade.

A existência de líquenes (Fig. 5.5) poder-nos-á levar a considerações importantes em relação à poluição ambiental a que está sujeito o revestimento. Os líquenes são organismos extremamente sensíveis aos poluentes ambientais e têm sido utilizados como bioindicadores de poluição atmosférica. São utilizados para monitorizar a qualidade do ar, a contaminação por metais pesados, o estado de conservação das florestas ou os níveis da camada de ozono.

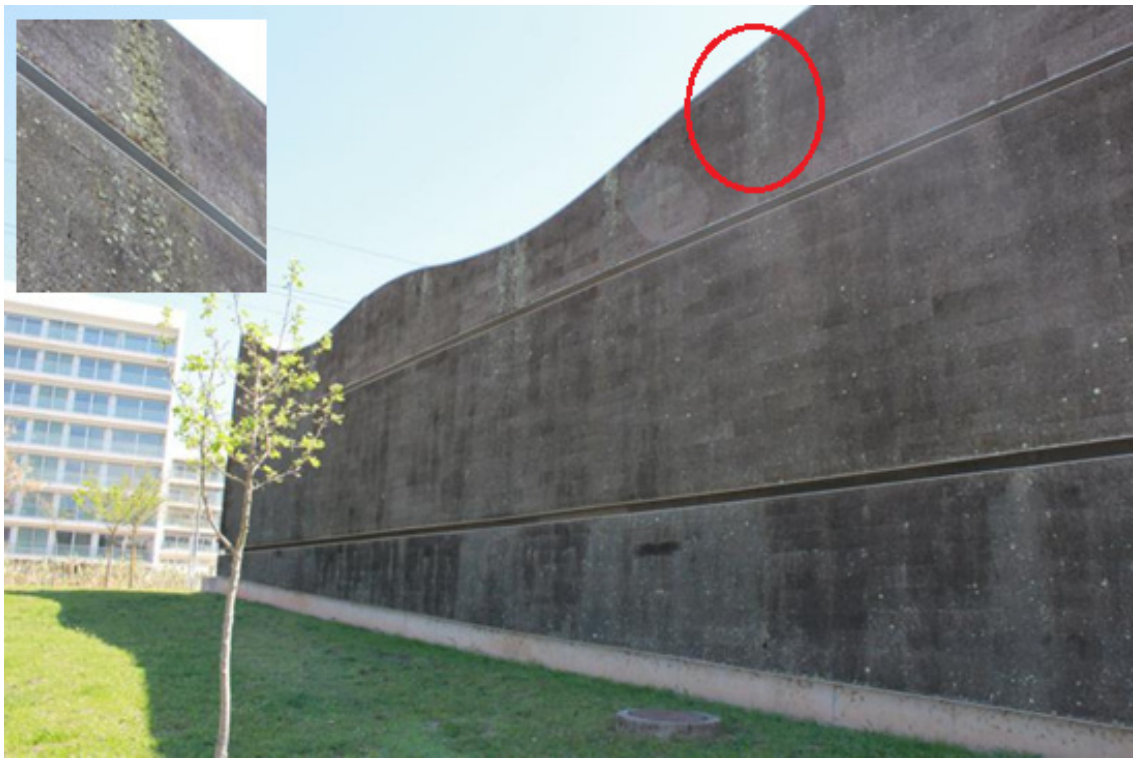


Figura 5.5 – Escorrências e distribuição de líquenes fachada norte.

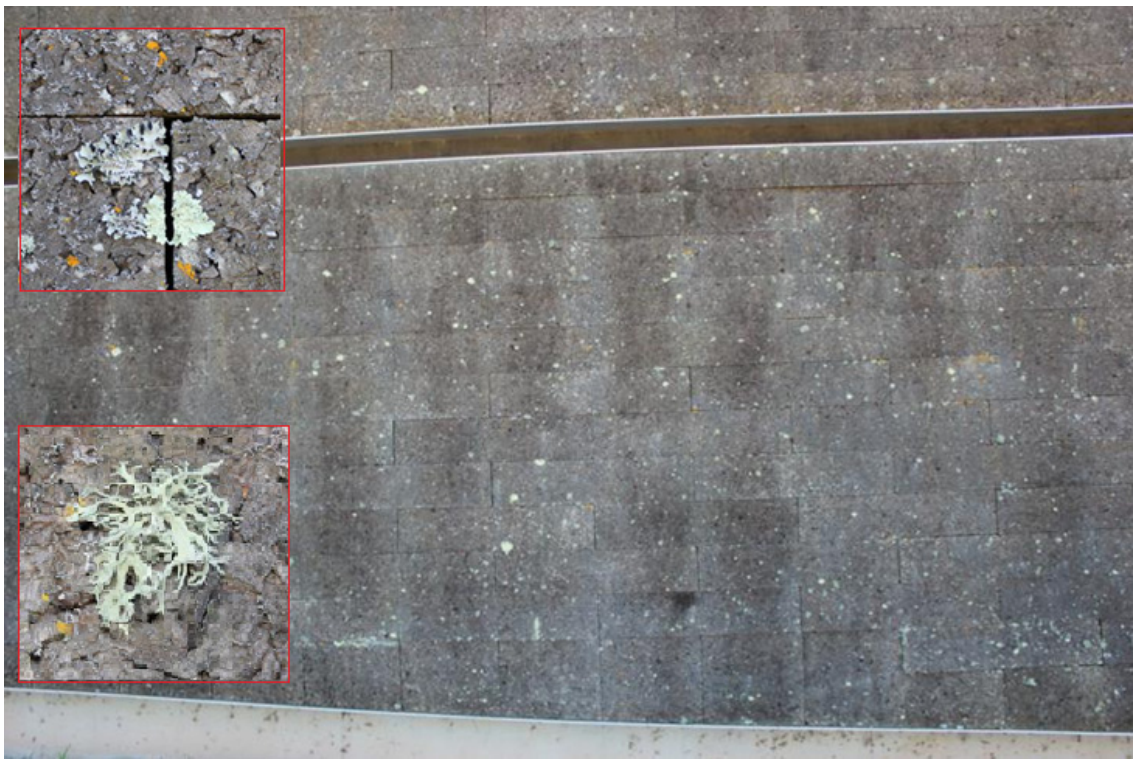


Figura 5.6 – Escorrências e distribuição de líquenes fachada norte.

Os líquenes são o resultado de uma associação simbiótica estável entre dois organismos simples, um fungo e uma alga unicelular, que crescem em associação benéfica para ambos. O fungo forma grande parte do corpo do líquen (chamado talo), envolvendo e protegendo a alga das temperaturas extremas e da dessecação. [26]

Estes organismos, pioneiros na colonização de superfícies, podem causar danos no suporte onde habitam, pois produzem ácidos que o atacam quimicamente e promovem a sua decomposição. Também pela decomposição biológica que realizam, produzem nutrientes atrativos para outras espécies. Identificaram-se dois tipos de líquenes de ampla distribuição no nosso país: Evernia (*Evernia prunastri*), líquen fruticuloso que está preso ao substrato apenas pela parte basal (imagem superior); e Parmelia-verde (*Flavoparmelia caperata*), líquen crustáceo, intimamente aderente ao substrato (imagem inferior - Fig. 5.6). [27] [28]

5.2.3.2.2 Manutenção da fachada norte

Sendo o ICB um revestimento especial deve ser preservado com cuidados especiais.

Os blocos foram colocados, encaixados uns sobre os outros. A substituição de um bloco que esteja numa zona intermédia, só deve ser realizada no caso de estar destacado devido à degradação da fixação ou se tiver lacunas de dimensão elevada. Se for este o caso, os blocos devem ser retirados de jusante para montante ou seja, do lado superior direito para o inferior esquerdo sem deformar as peças de boa qualidade. Nas zonas de encaixe, deve ser removido o mástique sem danificar a superfície e realizar uma lixagem para remover eventuais resíduos.

No tratamento da superfície para a remoção de fungos, em primeiro lugar e se possível, deve eliminar-se a fonte de alimentação de água ao revestimento, para garantir o desaparecimento de algumas escorrências. Com o tempo seco deverá ser realizada uma pulverização com um

biocida em conformidade com a Norma CE n.º 1272/2008, por toda a superfície do revestimento, cumprindo as indicações da ficha do produto e tendo em atenção que o ICB é um material que não tolera o ácido etanóico (CH_3COOH), conhecido por vinagre, a amónia (NH_3), que em solução aquosa é conhecida por amoníaco, e desagrega-se com hidróxido de sódio (NaOH), vulgarmente conhecido por soda cáustica.

Após o tempo de espera indicado na ficha do produto, os resíduos secos e esbranquiçados devem ser removidos com a utilização de uma escova macia.

Na etapa seguinte deverá ser realizada uma lixagem em toda a superfície da fachada tendo em atenção as arestas vivas dos blocos que tenham alguma saliência, para não causar desagregação de partículas. A lixagem será realizada sempre a seco, mecânica ou manualmente, com apoio de um taco, que garanta que a superfície de contacto nunca seja inferior a 100 cm^2. As lixas a serem utilizadas, são lixas de madeira de grão fino (320 – 400). A importância desta lixagem está diretamente relacionada com a remoção de partículas orgânicas dos líquenes instalados e também com a necessidade de obter uma nova superfície mais homogénea sem indícios de desgaste causado pelas solicitações ambientais.

Após a lixagem deve ser realizada a limpeza da superfície da fachada, com a utilização de um aspirador industrial com boca retangular, de grandes dimensões e de sucção controlada ou, eventualmente, pode ser utilizado ar comprimido com controlo de caudal mas sempre controlando as partículas pulverulentas em suspensão no ar.

Por último, e após uma inspeção visual com o intuito de verificar alguma lacuna motivada pela intervenção realizada, será feita uma pulverização com um produto de patente portuguesa (PT 101927), destinado normalmente ao tratamento de madeira. Este produto é constituído essencialmente pelos condensados do vapor de cozimento do aglomerado de cortiça expandida (ICB), mais conhecido por alcatrões, e um solvente orgânico. Permite aumentar a resistência ao ataque e desenvolvimento fúngico, melhorar a estabilidade dimensional superficial e ser um repelente da água da chuva.

Embora existam outros produtos que podem ser utilizados para o mesmo fim, vale a pena salientar que sendo o ICB um material de características únicas cujo fabrico não implica qualquer introdução de produtos "estranhos", estamos, com esta aplicação, a dar uma utilidade à considerada única fonte poluente no processo do fabrico do ICB e a introduzir um produto familiar não alterando as características iniciais do produto.

Os condensados ou alcatrões são uma substancia sólida cerosa, castanho-escura, tipo lacre. A sua composição inclui ceróides, taninos e ácidos livres. Entre estes grupos de componentes encontram-se triterpenóides, ácidos gordos, esteróides, polifenóides e fenóis simples oriundos da própria cortiça. [29]

5.2.3.2.3 Fachada este

Na fachada com orientação este, o revestimento apresenta uma cor acinzentada (Fig. 5.7 e 5.8), embora não possua a mesma tonalidade em toda a superfície, uma vez que, na zona mais baixa tem uma cor de cinza forte e que na zona mais elevada acaba por se esbater. Como já foi referido para a superfície exposta a norte, esta tonalidade é motivada por uma elevada concentração de humidade, temperatura superficial do revestimento mais baixa e alguma concentração de poeiras. Nas zonas onde existem escorrimentos, não existe uma tão abundante

concentração de líquenes comparativamente com a fachada norte, embora a fachada este se distinga do resto do revestimento por uma tonalidade esverdeada. A existência de líquenes também é notória na superfície dos blocos em contacto com o perfil horizontal, que apresentam uma cor castanho forte, motivada pela concentração de humidade.

A concentração de poeiras é de menor frequência que na superfície norte, embora exista uma maior concentração nas zonas mais baixas. O revestimento tem um aspeto linear, não apresentando destacamentos de blocos nem lacunas no revestimento, provavelmente por apresentar uma barreira física e não ser possível entrar em contacto com a superfície.

A distinção de tonalidade e manchas nos blocos, como já referido para a fachada norte, não está diretamente relacionada com a orientação da fachada nem com a existência de humidade. Embora a humidade possa acentuar estas distinções na tonalidade, esta é uma característica inerente a todas as frentes e está relacionada com o fabrico do material.

Figura 5.7 – Escorrimentos e aspeto acinzentado com tonalidades diferentes da fachada este.

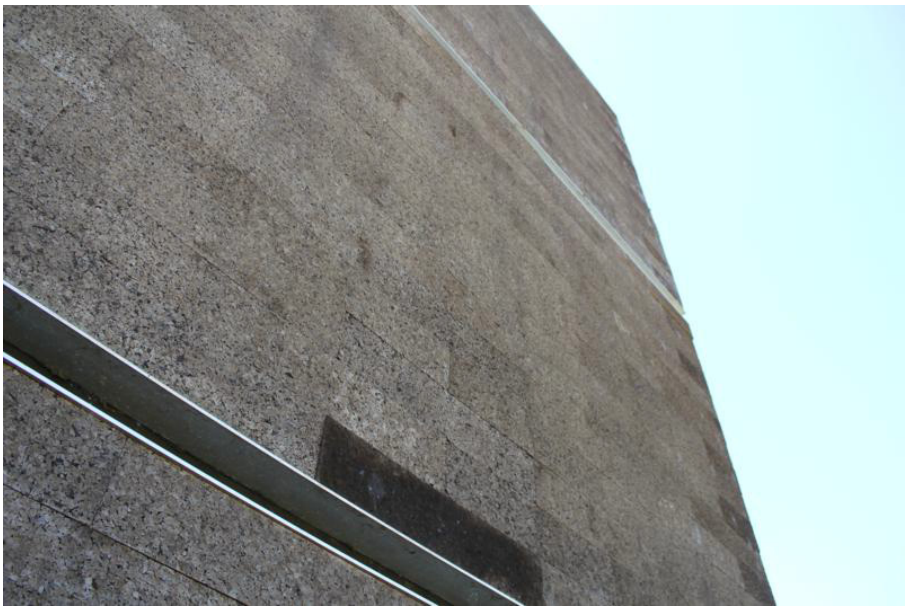


Figura 5.8 – Escorrimentos e aspeto acinzentado com tonalidades diferentes da fachada este.

5.2.3.2.4 Manutenção da fachada este

A fachada este deve ter um tratamento idêntico ao sugerido para a fachada norte. Embora a concentração de líquenes seja muito inferior, existem concentrações destacadas nas zonas de escorrimentos.

Não existe a necessidade de remover nenhum bloco devido a destacamento causado pela degradação da fixação, tanto quanto foi percetível, e também não existem lacunas de dimensão elevada.

Tal como na fachada norte, a primeira ação a ser tomada, se possível, é eliminar a fonte de alimentação de água ao revestimento, para garantir o desaparecimento de algumas escorrências.

O processo de tratamento com biocida e lixagem será idêntico ao referido para a fachada norte.

5.2.3.2.5 Fachadas sul e oeste

Estas duas fachadas serão descritas em simultâneo por apresentarem as mesmas características.

Ao contrário das fachadas anteriores, as fachadas sul e oeste não apresentam qualquer vestígio de líquenes, embora apresentem pequenos escorrimentos nos topos, sobressaindo com o aspeto de pequenas manchas de cor acinzentada. A eliminação da fonte, neste contexto, não será um objetivo primordial a cumprir.

Praticamente não existem manchas destacadas nos blocos por influência de escorrimentos ou por diferenças da homogeneidade das peças, tal como foi referido para a fachada norte e, neste sentido, podem tirar-se conclusões interessantes. Se tivermos as condições certas de temperatura, luz, humidade e vento, ou seja, se se garantir que a humidade que se encontra na superfície da peça seja ciclicamente evaporada, podemos garantir que a falta de homogeneidade das peças não é um fator de inadaptabilidade para a sua aplicação em serviço.

O painel tem uma cor acastanhada, semelhante a blocos novos antes de entrarem em serviço, destacando-se um certo escurecimento, devido à tonalidade das partículas carbonatadas.

A superfície das partículas apresenta-se com um aspeto ressequido (Fig. 5.9.3), um aspeto de desgaste causado pela incidência de luz solar, tornando a superfície mais rugosa e suscetível de absorver poeiras.

Não foram visualizadas teias de aranha.

Existe um grande número de blocos destacados em zonas de difícil acesso (Fig. 5.9.2 e 5.10), o que leva a crer que existe degradação na zona das fixações. Neste sentido, a remoção deve ser levada em consideração. Comparativamente com a fachada norte, esta é a característica que mais se evidencia, o que permite afirmar que as deformações podem ser induzidas pelos ventos fortes predominantemente de norte que criam tensões elevadas na face interior dos blocos, considerando que existe permeabilidade ao ar pelo interior do revestimento. As deformações também podem ser motivadas pelas diferenças de temperatura entre as duas faces dos blocos, estas deformações criam tensões elevadas entre o revestimento e as fixações, sendo estas últimas insuficientes para garantir a estabilidade do revestimento. É de salientar que esta afirmação não passa de uma hipótese entre outras possíveis tais como: a existência de degradação do suporte; a existência de deformações nos blocos; a falta de homogeneidade nas zonas de encaixe; má execução do trabalho em obra.

Na transição sul – oeste existem blocos com as extremidades deterioradas (Fig. 5.9.1), provavelmente por ser uma zona de passagem de pessoas e veículos.

No dia em que foi efetuado o levantamento fotográfico, a temperatura ambiente era significativamente elevada, rondando os 24 °C. A fachada sul não apresentava ao tato qualquer aumento de temperatura, assemelhando-se à fachada a norte.

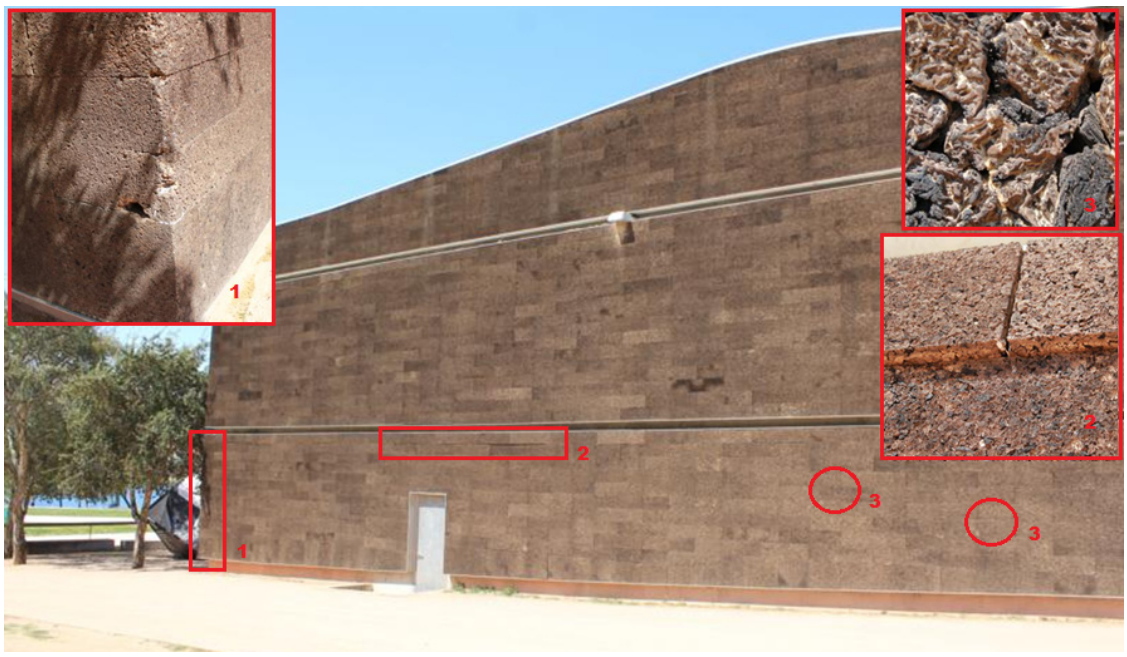


Figura 5.9 – 1- Extremidade deteriorada; 2 – blocos destacados; 3 – ressequimento de tonalidade escura, fachada sul.

Figura 5.10 – Alguns destacamentos dos blocos da fachada oeste.

5.2.3.2.6 Manutenção das fachadas sul e oeste

Estas fachadas destacam-se por terem um grande número de blocos salientes e por existirem algumas lacunas. É de primordial importância o desmonte do sistema para substituir os blocos degradados e averiguar a causa dos referidos destacamentos, tomando as medidas corretivas que forem necessárias. O desmonte, como já foi referido, será realizado de jusante para montante ou seja, do lado superior direito para o inferior esquerdo sem deformar as peças de boa qualidade. Nas zonas de encaixe deve ser removido o mástique sem danificar a superfície e realizar uma lixagem para remover eventuais resíduos.

Não havendo qualquer vestígio de organismos, a aplicação de um biocida não será levada em consideração em nenhuma das etapas.

Após a montagem do revestimento pode tomar-se a opção de realizar uma lixagem da superfície, apenas por razões estéticas, possibilitando um aspeto mais homogéneo e plano e removendo as características de desgaste causadas pelas solicitações ambientais, tornando-o mais idêntico a um novo revestimento. O procedimento da lixagem será realizada conforme já referido em 5.2.3.2.2.

5.3. SOLUÇÃO CONSTRUTIVA NO HOTEL CASA DAS PENHAS DOURADAS

5.3.1 ASPETOS GERAIS

A Casa das Penhas Douradas Hotel Design & Spa localiza-se em pleno Parque Natural da Serra da Estrela, numa das regiões mais inóspitas de Portugal Continental, a uma altitude de 1500 m.

Este hotel de excelência é um projeto do Arquiteto Pedro Brígida que, em 2008, foi distinguido com o prémio da Melhor Unidade Portuguesa de Turismo em Espaço Rural. A ampliação, realizada a um edifício dos anos 40, tornou-se, em 2006, um hotel com 9 quartos, que rapidamente se estendeu, em Fevereiro 2010, a um hotel de 17 quartos.

Nesta última ampliação construiu-se um novo edifício de linhas simples, que integra uma sequência de quartos com grandes vãos orientados a nascente. O exterior deste edifício é amplamente revestido com aglomerado de cortiça expandida (ICB).

No dia 7 de abril de 2012, foi realizado um levantamento fotográfico com o intuito de verificar o estado e as técnicas adotadas na aplicação deste revestimento. Apesar do revestimento ter sido aplicado recentemente, com uma idade entre os dois a três anos, a escolha recaiu sobre este edifício, visto estarmos presentes no ponto do país onde as condições climáticas são mais extremas.

5.3.2 O CLIMA DAS PENHAS DOURADAS

Esta região caracteriza-se por ser a mais fria do país, onde, nos meses de janeiro e dezembro, as temperaturas atingem mínimos a rondar os 10 °C negativos, e as temperaturas médias são de 0 °C. A precipitação normalmente ocorre sob a forma de neve e atinge uma média mensal de 240 mm. O número de horas de luz ronda as 4 horas de média mensal. Nos meses de verão as temperaturas e a precipitação são normais, coincidentes com a média nacional, com um acentuado arrefecimento noturno e com uma insolação de 11 horas diárias de média mensal. [29]

5.3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA EM SERVIÇO

O levantamento fotográfico foi realizado no dia 7 de abril às 10:30 h. As condições climatéricas eram as ideais para se ter uma perceção das manifestações dos agentes climáticos na superfície do revestimento. A temperatura exterior rondava 1 °C negativo com uma ligeira queda de neve e um forte nevoeiro, característico daquela região.

Numa primeira abordagem, observou-se a cor castanha com um tom acinzentado do revestimento. A existência de escorrimentos, na zona inferior aos parapeitos, foi percetível pela diferença de tonalidade, apresentando um tom mais escuro. Observaram-se, ainda, umas manchas pontuais de pequena dimensão e distribuídas de forma aleatória que eram mais frequentes numa fachada principalmente ocupada por uma grande área de vãos envidraçados (Fig. 5.11).

Figura 5.11 – Revestimento com ICB da fachada orientada a este do hotel Casa das Penhas Douradas

Numa análise mais detalhada, verificou-se que o revestimento foi colado ao suporte com placas de 1000 x 500 mm, não sendo percetível se as placas possuíam bordas ocultas e nem uma eventual utilização de fixação mecânica. As placas apresentavam uma espessura que ronda os 10 cm, dispostas com os alinhamentos verticais desencontrados. No topo foi utilizado um rufo de chapa de alumínio com pingadeira e perfil lateral que rondaria os 4 cm. Na base, a face das placas apresentava uma ligeira saliência, subentendendo-se que sirva para ser utilizada como pingadeira. No plano horizontal não terá sido utilizado nenhum revestimento exterior especial, pelo que foi percetível.

A existência de escorrências só foi percetível na superfície abaixo dos parapeitos (Fig. 5.12), causada pela humidade condensada nos envidraçados. Não existia qualquer evidência devida a alteração de tonalidade ou uma concentração díspar de humidade causada por anteriores

escorrências, o que leva a crer que, sendo esta a zona do revestimento que ciclicamente poderá concentrar uma maior quantidade de humidade superficial, essa humidade será escorrida e evaporada de forma natural sem alterar as características superficiais do revestimento.

A cor acinzentada deve-se a uma concentração de humidade e a uma temperatura mais baixa na superfície do revestimento e é visível em toda a superfície da fachada. Não foram observadas poeiras nem matéria orgânica agregada. A superfície de algumas placas apresentava uma textura com alguma rugosidade, motivada pelo desgaste da superfície das partículas face às condições ambientais, não sendo de nenhuma forma exagerada. Esta diferença de desgaste entre as várias placas do revestimento poderá estar relacionada com o fabrico, como foi referido em 5.2.3.2.2), ou devido à falta de homogeneidade das peças do revestimento, visto que todo o painel está de igual modo sujeito às mesmas condições. O revestimento no global evidencia um escurecimento em algumas partículas devido a um destacamento de cor das partículas carbonatadas (Fig.5.13).

Figura 5.12 – Escorrências existentes na zona abaixo dos parapeitos das janelas.

Figura 5.13 – Textura e tonalidade do revestimento

Como já anteriormente referido, o revestimento apresenta umas pequenas manchas distribuídas de forma aleatória em algumas zonas do revestimento (Fig. 5.14).

Seria contraproducente não referir que esta foi a característica que suscitou um maior interesse na análise ao revestimento.

Comparando com a análise realizada anteriormente ao Pavilhão Centro de Portugal, conclui-se que estas manchas apresentam as mesmas características, sendo que a grande diferença se encontra na superfície abrangida. No pavilhão, as manchas encontravam-se maioritariamente na fachada norte e estavam distribuídas de forma aleatória, cobrindo toda a superfície de um bloco enquanto, na Casa das Penhas Douradas, eram pontuais.

Considerando que as características técnicas do material são as mesmas, principalmente a densidade característica que deve variar entre 140 a 160 $kg.m^{-3}$, podemos afirmar que temos um material igual, sujeito a solicitações ambientais, embora distintas pelas diferentes amplitudes térmicas anuais mas cuja influência na superfície do revestimento possa ser considerada similar, que apresenta reações do revestimento em parte distintas. Com estas evidências surgiram algumas questões. A existência destas manchas está, sem dúvida, diretamente relacionada com o fabrico do material (conforme o referido em 5.2.3.2.2) mas qual seria o motivo para a distinção da área abrangente? Dever-se-á à idade do revestimento que com o passar do tempo proporciona uma deterioração das partículas vizinhas, aumentando a área afetada até cobrir toda a superfície de uma placa? Existirá alguma contaminação biológica ou química, não percetível a olho nu, que contaminará uma superfície mais fragilizada ou qualquer superfície independentemente das suas características?

Figura 5.14 – Algumas manchas existentes no revestimento da fachada

Uma outra questão, não menos importante, que foi desenvolvida em 4.3.4, mas julgando ser pertinente deixá-la levantada neste ponto é: cumprindo as exigências regulamentares com a definição de uma espessura para o isolamento térmico e acústico, qual será o acréscimo de espessura que deverá ser definida para garantir que a camada de isolamento propriamente dito não seja afetada pelas solicitações ambientais, referindo que, naturalmente, o ICB em contacto com a humidade perde em grande parte as suas características isolantes?

Sendo esta uma nova solução construtiva de revestimento de fachada, da aplicação de um material que até aqui apenas era utilizado como material isolante, protegido das ações ambientais, julga-se que, com as novas tendências de mercado e com um aumento natural destas aplicações, os fabricantes brevemente poderão responder às questões levantadas e até desenvolver um novo processo de fabrico, tendo em vista um maior controlo das características do produto final. Um maior controlo da densidade do produto seria fundamental para que, no processo de fabrico, fosse possível que a camada de superfície em contacto com os agentes ambientais tivesse uma maior densidade comparativamente com a camada interior, com o fundamento de tornar a superfície mais impermeável à água da chuva.

5.4. EDIFÍCIOS CONTEMPORÂNEOS

Após a construção do Pavilhão Centro de Portugal verificou-se que a solução da aplicação de ICB pelo exterior, como revestimento de fachada, que inicialmente não passava de uma experiência interessante, tornou-se numa solução credível, não só pelo bom estado em que se encontra o revestimento como também por terem inspirado projetistas a marcar as suas obras com referências de sustentabilidade e eficiência energética, ligando a tradição e a modernidade.

O ICB apresenta características únicas de trabalhabilidade, permitindo inúmeras soluções possíveis de formas geométricas que tem motivado um interesse crescente em apresentar obras com soluções distintas.

Importa referir que as obras onde o ICB foi usado são edifícios com características únicas onde está presente uma marca bastante significativa do projetista.

Quando o ICB é utilizado como revestimento de um qualquer edifício, o que o distingue entre outras características é essa mesma utilização do ICB como revestimento.

Seguidamente é apresentado um grupo de edifícios existentes em Portugal e dois no estrangeiro onde esta solução construtiva foi utilizada.

5.4.1 CASA CORK - ESPOSENDE

Figura 5.15 – Alçados Casa Cork.

A Casa Cork (Fig. 5.15) é um projeto dos Arquitetos Anónimos. Localiza-se em Esposende e foi construída entre 2005 e 2007.

É a primeira habitação particular de Portugal a utilizar o ICB em revestimento de fachada. Este edifício é normalmente utilizado como segunda residência.

A Casa Cork caracteriza-se por ter sido totalmente revestida com placas de ICB nas fachadas e cobertura, distinguindo-se a superfície dos vãos em metal perfurado e um portão de fole. A aplicação foi realizada com placas dispostas na vertical em encontro de juntas tanto na vertical com na horizontal. Não existem referências à forma de colagem das placas ou se foi utilizada alguma aplicação mecânica, nem se sabe se a sua geometria incorpora bordas ocultas nem quais as características do suporte.

O edifício foi construído com restrições orçamentais, salientando-se a simplicidade e eficiência.

A aplicação de ICB teve uma receção muito positiva pela entidade executante devido à facilidade de aplicação e de corte, curto tempo de aplicação e fácil forma de transporte comparativamente com outros materiais normalmente utilizados nestas aplicações. [23]

5.4.2 Quinta do Portal - Sabrosa

Figura 5.16 – Quinta do Portal.

O projeto da ampliação da adega e construção de um Armazém de Estágio e Envelhecimento de Vinhos da Quinta do Portal é da autoria do Arquiteto Siza Vieira (Fig. 5.16). Localiza-se em Sabrosa e foi construído entre 2005 e 2008.

A Quinta do Portal está localizada na Região Demarcada do Douro, classificada pela UNESCO como Património Mundial. Este projeto distinguiu o Arquiteto Siza Vieira, em abril de 2011, com o prémio de Arquitetura do Douro 2010/2011.

O investimento de quatro milhões de euros teve como finalidade agregar três importantes áreas para a região, a vinha, a vinificação e o turismo. O edifício integra-se de uma forma harmoniosa na envolvente, destacando-se por utilizar no revestimento exterior materiais existentes na

região, tais como, o xisto e a cortiça. A estrutura em betão armado e aço, com uma área de construção de 4722 m^2, integra um armazém com as condições ideais para o envelhecimento lento e adequado de todas as variedades de Vinho do Porto (Fig. 5.17).

Figura 5.17– Armazém de Estagio de vinhos da Quinta do Portal.

5.4.3 ECO - CABANA - CASCAIS

Figura 5.18 – Eco – Cabana.

A Eco-Cabana resulta de uma ideia de criar um edifício de habitação, com pegada ecológica mínima, recorrendo a materiais reciclados ou recicláveis e energias renováveis (Fig. 5.18).

O projeto é de autoria de Barbiniarquitectos que, em parceria com a Cascais Natura, venceu o concurso Ideias Verdes, promovido pelo Jornal Expresso e pela Água do Luso em 2007. O edifício foi construído no Parque Marechal Carmona em Cascais.

O edifício apresenta uma estrutura em madeira, sobre o qual foi aplicado o revestimento interno em OSB *(Oriented Strand Board)*. No exterior foi aplicado um ripado de madeira ao qual foi realizada uma fixação mecânica com placas de ICB de bordas ocultas. O edifício é totalmente revestido com ICB, destacando-se, nas extremidades, vãos envidraçados com perfis de madeira pintada.

A Eco – Cabana dispõe de sistemas de captação de energia solar, eólica e águas pluviais.

Este edifício tem como referência o abrigo de montanha e a cabana florestal e será colocado no mercado.

5.4.4 Adega Logowines – São Miguel de Machede

Figura 5.19– Adega Logowines.

A adega Logowines localiza-se na Herdade da Pimenta, São Miguel de Machede, em Évora. O projeto é da autoria da Arquiteta Leonor Duarte Ferreira e do Arquiteto Miguel Passos de Almeida – PMC Arquitetos e foi construído entre 2007 e 2008 (Fig. 5.19).

Este edifício simboliza a capacidade do ICB para se apresentar com várias geometrias, evidenciando-se uma frenética marcação de linhas horizontais, engolindo a demarcação dos pequenos vãos envidraçados, num jogo de tonalidades e sombras.

É um edifício distinto e de uma beleza ímpar, subentendendo-se que, graças a este material, foi possível uma construção mais rápida e mais económica do que se fosse utilizado um comum revestimento de fachada, na tentativa de apresentar uma geometria idêntica.

5.4.5 Colégio Pedro Arrupe - Lisboa

Figura 5.20 – Colégio Pedro Arrupe.

Embora o revestimento do Colégio Pedro Arrupe não seja em ICB, mas em aglomerado prensado de cortiça natural, não deixa de ter um particular interesse pela distinção de ser o único edifício escolar existente em Portugal com estas características. Está localizado a este do Parque Expo, numa zona de edifícios de habitação e escritórios (Fig. 5.20).

O projeto é da autoria da GJP Arquitectos. O colégio é um investimento privado do Grupo Alves Ribeiro SA, construído pela própria empresa entre 2009 e 2010 e tem uma área de construção de 17 500 m^2.

O revestimento em aglomerado prensado de cortiça natural é colado ao suporte. As placas têm bordas ocultas onde é feito encaixe com colagem das faces interiores. As placas estão dispostas em alinhamentos horizontais com as juntas verticais desencontradas.

O revestimento só foi usado na superfície superior das fachadas, destacando-se uma saliência no primeiro alinhamento horizontal das placas para funcionar como pingadeira. No topo foi utilizado um rufo de chapa de alumínio com pingadeira e perfil lateral.

5.4.6 HABITAÇÃO FAMILIAR – BRETANHA, FRANÇA

Figura 5.21 – Revestimento em ICB, de uma casa na Bretanha, França.

Este edifício de habitação localizado na região da Bretanha, França, demonstra que o ICB aplicado pelo exterior não é apenas uma solução construtiva existente no nosso país. Tem vindo a afirmar-se noutros países como uma solução limpa, eficiente, pronta a usar, fácil de instalar, original e ecológica (Fig. 5.21).

A solução adotada para esta habitação é constituída por painéis com uma densidade de 150 $kg.m^{-3}$, geometria de 1000 x 500 mm, com bordas ocultas de forma a anular as pontes térmicas e tornar a superfície estanque.

A fixação é mecânica com a incorporação de quatro parafusos, dois na vertical e dois na horizontal, aplicados diretamente a um suporte de blocos de betão celular. No encaixe das placas é passado um cordão de mástique nas faces de encontro entre placas para garantir a vedação.

O ICB é um dos materiais mais utilizados neste edifício, é utilizado no revestimento da fachada, na cobertura e no interior como isolamento de pavimentos.

A divulgação deste edifício no *site* consultado dá como referência o Pavilhão de Portugal em Xangai na EXPO 2010.

5.4.7 PAVILHÃO DE PORTUGAL – EXPO 2000 - XANGAI

Figura 5.22 – Pavilhão de Portugal em Xangai EXPO 2010.

O Pavilhão de Portugal da EXPO 2010 de Xangai é um projeto do Arquiteto Carlos Couto. Mais uma vez foi utilizado o revestimento exterior em ICB, o que lhe valeu a distinção com o primeiro Prémio de Design e Arquitetura pelo *Bureau International des Exhibitions* (BIE). Este prémio trata-se de uma distinção que avalia a fachada e decoração exterior do pavilhão, desenho e técnicas de construção usadas e a sua relação com o tema da exposição.

O pavilhão de Portugal foi um dos mais visitados em toda a EXPO 2010 e tornou-se o Pavilhão de Portugal mais visitado em toda a história das Exposições Universais em que Portugal participou.

O revestimento em ICB foi uma aposta ganha visto não ser um material conhecido naquela região e que suscitou curiosidade nos visitantes que o cheiravam e tocavam tanto que foi necessário substituir alguns painéis que se encontravam degradados devido à remoção de algumas partes pelos visitantes. [32]

6
CONCLUSÃO

O sobreiro e todo o panorama da indústria corticeira tiveram no passado e têm atualmente uma importância vital para o nosso país, tanto por razões económicas, uma vez que Portugal é o líder mundial de produção, transformação e exportação da cortiça, quer por razões de carácter ambiental, pois asseguram a preservação do ecossistema mediterrânico característico do nosso país.

Apesar da utilização da cortiça remontar à Antiguidade, este é um material ainda não totalmente caracterizado. Com o surgimento de novas necessidades, tendências e tecnologias disponíveis o material tem-se vindo a valorizar, permitindo encontrar novos usos e finalidades diversas para o material que até há pouco tempo não se vislumbrava serem possíveis. Neste contexto, não é exagerado afirmar-se que onde tem sido aplicada a cortiça, têm existido distinções.

O aglomerado de cortiça expandida (ICB), apesar de ser um produto transformado, mantem todas as propriedades originais da matéria-prima. No seu fabrico apenas é utilizado o vapor de água, conferindo-lhe uma posição de destaque face aos atuais requisitos ecológicos. O ICB, já utilizado há décadas em Portugal, demonstrou ser um material que, se devidamente acondicionado, não perde as suas características intrínsecas, podendo ser reutilizado. É um material biodegradável.

Os sistemas compósitos de isolamento térmico delgado pelo exterior (ETICS) têm um futuro promissor no nosso país. São uma solução viável tanto para a reabilitação como também para a nova construção. É um sistema construtivo que se enquadra na resposta às atuais exigências regulamentares e que, por tal, tem tido um aumento da procura. Em consequência desta procura, tem-se observado o surgimento de novos estudos e de novas soluções construtivas apresentadas pelas empresas.

Neste trabalho apresenta-se uma síntese das principais boas práticas de planeamento e montagem do sistema que são fulcrais para o seu bom desempenho e durabilidade da aplicação. Estamos perante um complexo conjunto de elementos que exibem comportamentos diferenciados, quando sujeitos a influências higrotérmicas, e que se caracterizam por serem vulneráveis ao aparecimento de diversas patologias, muitas vezes causadas por um deficiente planeamento, por uma má execução dos trabalhos ou por uma má selecção das soluções adoptadas.

A documentação consultada sobre anomalias existentes em diversos paramentos é, na sua grande maioria, referente ao poliestireno expandido (EPS). A sua caracterização é realizada em função das patologias existentes face às características do meio, à deficiência de aplicação e às soluções construtivas adoptadas. Propõe-se que estes estudos de caracterização de anomalias sejam alargados à variante ICB (e outros) de forma a se adquirir um conhecimento mais aprofundado deste sistema. Embora os ETICS sejam uma solução utilizada na Europa há já alguns anos, e já se detenha um alargado conhecimento acerca do seu comportamento face às

várias solicitações a que estão sujeitos, tem que haver um esforço maior, por parte das empresas, para apresentarem soluções adequadas ao combate das suas fragilidades.

Existe todo um trabalho a desenvolver no que se refere à adaptabilidade das soluções. Propõe-se que os fabricantes elaborem mapas de risco de colonização biológica em função da orientação geográfica, altitude e zona do país referindo os respectivos constrangimentos/vantagens de utilização. Devem, igualmente, ser elaborados critérios explícitos do planeamento e coordenação da montagem do sistema em obra. Deve, também, ser elaborado um plano de optimização das soluções construtivas em função da utilização do edificado. Por último, devem ser elaborados guias de manutenção, distinguindo as diferentes orientações geográficas e zonamento do território.

A facilidade de degradação por acções de impacto na superfície do sistema é um dos aspectos que mais contribui para as limitações do seu uso. Os revestimentos cerâmicos poderiam contribuir para a adaptabilidade do sistema em zonas de acesso a pessoas e veículos. Algumas empresas lançam nos seus guias esta proposta e, embora tenham tido bons resultados nos ensaios realizados, não existe regulamentação para esta situação uma vez que o Guia de Aprovação Técnica Europeia (ETAG 004) não contempla a aplicação de revestimentos cerâmicos como acabamento final dos sistemas ETICS.

Após a análise dos ensaios realizados segundo a ETAG 004 para um sistema com a componente isolamento térmico em ICB podem-se tirar as seguintes conclusões acerca deste material: melhora as características do sistema em relação aos choques e à perfuração em detrimento de outros isolantes; tem boa permeabilidade ao vapor de água; apresenta um bom comportamento no ensaio de aderência; apresenta uma menor absorção de água comparativamente com outros isolantes garantindo um melhor comportamento com diversos acabamentos.

O ICB destaca-se pela capacidade de suportar grandes amplitudes térmicas não havendo a deterioração do material. Tem características singulares e, sendo um retardador natural do fogo, o seu comportamento é de combustão lenta. Não faz chama nem liberta gases tóxicos como acontece com outros materiais isolantes.

As empresas que comercializam estes sistemas, salvo raras excepções, não apresentam distinções nos diversos materiais constituintes, conferindo automaticamente um caráter ecológico ao sistema desde que apresentem a componente isolamento térmico em ICB. Existe a necessidade de adoptar soluções nas quais todos os materiais apresentem essas mesmas características o que lhes permitirá tanto alargar a aplicabilidade como vir a ser o fator distintivo e de selecção, visto haver discrepância de custos entre o ICB e um comum isolamento.

Foram referidas as duas únicas empresas que apresentam sistemas com Aprovação Técnica Europeia (ETA) para os ETICS ICB. Estas soluções construtivas têm um caracter ecológico em todos os seus componentes distinguindo-se dos outros sistemas existentes no mercado. As empresas portuguesas deveriam seguir esta boa prática.

No que concerne à utilização do ICB como revestimento de fachada, foram recolhidos e analisados dados que permitiram elaborar uma síntese de todas as características e soluções construtivas utilizadas até esta data, a qual se espera que sirva de apoio a intervenientes no projecto e no processo construtivo. Caracterizou-se o comportamento do revestimento em serviço e elaborou-se um plano de manutenção para a solução mais antiga existente em Portugal, tendo a preocupação de não alterar as características naturais do revestimento.

Toda a regulamentação actualmente em vigor converge para os requisitos básicos do material desempenhando as funções de isolamento térmico. No entanto, existe a necessidade de avaliar as suas características para as novas funções que lhe têm sido atribuídas.

Pode afirmar-se que existe todo um trabalho inicial a realizar na investigação da solução construtiva de revestimento exterior com aglomerado de cortiça expandida (ICB).

O que inicialmente se tratou de uma experiência interessante, rapidamente se tornou num novo tipo de revestimento que projetistas têm utilizado como solução construtiva e cujos fabricantes juntaram ao seu leque de aplicações.

A única referência existente é o Pavilhão Centro de Portugal em Coimbra, que se tem tornado o ponto de apoio na decisão de adotar este tipo de revestimento em futuros projetos.

A investigação deveria tomar dois rumos distintos mas complementares.

Deveria, em primeiro lugar, ser aperfeiçoado ou desenvolvido um novo processo de fabrico na tentativa de obter um aglomerado com as suas naturais características mas onde se controlasse a exsudação das resinas naturais por forma a obter um material mais homogéneo em todo o seu volume. Dever-se-ia, também, controlar a densidade para obter melhores características na superfície designada a estar em contacto com os agentes ambientais.

O segundo consistiria na realização de ensaios de referência para o fim a que se destina. Dever-se-ia definir uma espessura ativa para garantir que a camada interna de isolamento propriamente dito não fosse afetada pelas solicitações ambientais. Dever-se-iam ainda, elaborar mapas, abrangendo todas as zonas do país, que relacionassem a espessura a utilizar de acordo com a orientação geográfica, exposição solar, precipitação, humidade e vento, de modo a garantir a permanência das suas propriedades. Por último, realizar-se-iam estudos sobre a degradação física, química e biológica da superfície do ICB em contacto com o exterior. O estudo deveria ser aprofundado o suficiente de modo a que se pudesse ter uma perceção das tensões existentes no revestimento cuja causa fosse motivada pelas variações de temperatura e humidade, após o qual se poderiam definir soluções de fixação devidamente sustentadas.

Os fabricantes deveriam apresentar pormenorização de soluções construtivas e definir materiais acessórios e ferramentas, bem como, processos e condições de montagem. Deveriam, também, definir planos de manutenção distinguindo a orientação geográfica e zona do país.

7

BIBLIOGRAFIA

7.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] GIL, L., *Cortiça: Produção, Tecnologia e Aplicação*, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Lisboa, 1998

[2] PEREDA, I., *Junta Nacional da Cortiça (1936-1972)*, Euronatura, Lisboa, 2009

[3] GIL, L. *A Cortiça como Material de Construção - Manual Técnico*, APCOR, Santa Maria de Lamas, 2005

[4] COLLINA, *The External Thermal Insulation Composite System (ETICS) More than comfort and energy saving*, 3º Congresso da Associação Portuguesa de Fabricantes de Argamassas de Construção (APFAC), Lisboa, 2010

[5] EJOT www.ejot.com, 7 de maio de 2012

[6] FREITAS V., *Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior – Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido – ETICS*, Maxit, Porto, 2002,

[7] VEIGA, M., MALANHO, S., *Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior (ETICS): Comportamento global e influência dos componentes,* 3º Congresso da Associação Portuguesa de Fabricantes de Argamassas de Construção (APFAC), Lisboa, 2010

[8] LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, *Apreciação Preliminar do Sistema de Isolamento Térmico de Paredes Polysterm, do Tipo ETICS*, Lisboa, 2008

[9] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA), *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with rendering*, ETAG n.º 004, EOTA, Brussels, 2001

[10] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA), *European Technical Approval – ETA – 05/0125 RÖFIX CORKTHERM*, EOTA, Brussels, 2007

[11] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA), *European Technical Approval – ETA – 11/0263 Bioverd*, EOTA, Brussels, 2011

[12] REGULAMENTO UE n.º 305/201 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos e que revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho

[13] PONTÍFICE, P., Marcação *CE e Desafios da Sustentabilidade*, Congresso LiderA, IST, 2011

[14] DECRETO-LEI n.º 220/2008, de 12 de novembro, estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios

[15] LADEIRA, J., COLEN, I., SILVA, C., *Degradação e Desempenho em Serviço de Sistemas ETICS* 4º Congresso da Associação Portuguesa de Fabricantes de Argamassas de Construção (APFAC), 4º com APFAC, Coimbra, 2012

[16] LOPES, T., *Fenómenos de Pré-Patologia em Manutenção de Edifícios Aplicação ao Revestimento ETICS*, Dissertação de Mestrado, FEUP Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005

[17] TEIXEIRA, J. *Patologia do Sistema ETICS,* TEKTÓNICA, 2010

[18] AMARO, B., SARAIVA, D., BRITO, J., FLORES-COLEN, I., *Levantamento Estatístico da Inspeção, diagnóstico e Reparação de ETICS em paredes,* 4º Congresso da Associação Portuguesa de Fabricantes de Argamassas de Construção (APFAC), Coimbra, 2012

[19] BARBOT, www.barbot.pt, 7 de maio de 2012

[20] SUBERLYME, www.suberlyme.com , Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior, 7 de maio de 2012

[21] WEBER, www.weber.com.pt , 7 de maio de 2012

[22] SILVA, J., VALE, C., *A Utilização da Cortiça em Paredes de Adobe – Contexto Histórico e Perspetivas Futuras*, Terra em Seminário, Coimbra, 2010

[23] CHIEBAO, F., *Cortiça e Arquitetura*, Euronatura, Lisboa, 2011

[24] http://www.parquedeseintra.pt/chaletdacondessa/, 7 de maio de 2012

[25] http://naturlink.sapo.pt/Noticias/Noticias/content/Portugal-na-Exposição-Universal-de-Hannover?bl01, 7 de maio de 2012

[26] http://www.cienciaviva.pt, 7 de Maio de 2012

[27] SMITH, G., *Botânica Criptogâmica, I Volume (Algas e Fungos),* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1987

[28] GUIA de campo *Dia B*, Bioeventos, Lisboa, 2010

[29] PORTUGAL, Instituto de Tecnologia e Inovação para a Modernização*, Processo para a preparação de produtos para tratamento da madeira com base num resíduo da industria corticeira e produtos obtidos*, GIL, L., DUARTE, M., PT101927, 25-10-1999

[30] http://pt.wikipedia.org/wiki/Penhas_Douradas, 7 de maio de 2012

[31] APICER, CTCV, DEC-FEUP, DEC-FCTUC, *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*, Associação Portuguesa da Industria de Cerâmica, Coimbra, 2003

[32] http://www.publico.pt/cultura/expo-2010-arquitecto-satisfeito-e-honrado-com-premio-pavilhao-de-portugal_1463624, 7 de Maio de 2012

7.2. OUTRA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

DECRETO-LEI nº. 80/2006, de 4 de Abril (Regulamento da Características de Comportamento Térmico dos Edifícios - RCCTE)

DIRECTIVA COMUNITÁRIA n.º 89/106/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 21 de Dezembro de 1998, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-membros no que respeita aos produtos de construção Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Bruxelas, 11 de Fevereiro de 1989.

DOCUMENTO DE HOMOLOGAÇÃO DH 911, Weber.Therm Classic – Sistema Compósito de Isolamento Térmico pelo Exterior, LNEC, 2010

DOCUMENTO DE HOMOLOGAÇÃO DH 914 Weber.Therm Extra – Sistema Compósito de Isolamento Térmico pelo Exterior, LNEC, 2011

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), EN 12667:2012 *Desempenho térmico de materiais e produtos de construção Determinação da resistência térmica pelos métodos de placa quente protegida e fluxometria de calor Produtos de resistência térmica elevada e média*, 2012

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), EN 13170:2008, *Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios – produtos manufaturados de cortiça expandida (ICB) – Especificação*, 2008

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), EN 13501-1:2007 Fire Classification of Construction Products And Building Elements, 1997

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), EN 998-1 *Especificações para argamassas de alvenaria. Argamassas de reboco interiores e exteriores,* 2010

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), NP EN 12004:2007.EN 12004:2007 – *Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação,* 2007

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), NP EN 1604:1998 – Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios – Determinação da estabilidade dimensional em condições definidas de temperatura e humidade

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), NP EN 1609:1998 Determinação da absorção de água de produtos de Isolamento Térmico, 1998

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN), NP EN 826, Determinação do comportamento à compressão de produtos de isolamento térmico, 1996

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). NP EN 1609:1998 – Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios – Determinação da absorção de água por imersão parcial: ensaio de curta duração

EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA), *Guideline for European Technical Approval of Plastic Anchors for fixing of External Thermal Insulation Composite Systems with rendering*, ETAG n.º 014, EOTA, Brussels, 2001

FORTES, M., ROSA, M., PEREIRA, H., *A Cortiça*, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006

ITeCons, Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção, Universidade de Coimbra, *Relatório de Investigação Aplicada – Cálculo do Atraso Térmico de Soluções Construtivas que Incorporam Isolamento Térmico*, Coimbra, 2009

ITeCons, Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção, Universidade de Coimbra, *Relatório de Consultoria Técnica – Avaliação do Comportamento Térmico de uma Solução que Incorpora a Aplicação pelo Exterior de Placas de Aglomerado de Cortiça Expandida,* Coimbra, 2009

LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, *Regras para a Concessão de uma Aprovação Técnica Europeia (ETA) ou de um Documento de Homologação (DH) a Sistemas Compósitos de Isolamento pelo Exterior (ETICS)*, Lisboa, 2010

LUCAS, S., *Critérios Ambientais na Utilização de Materiais de Construção*, Universidade de Aveiro, 2008

MENDÃO, J., *Sistema ETICS – Influencia no Comportamento Térmico dos Edifícios*, Lisboa, 2011

NBR 15220-2, *Desempenho Térmico de Edificações*, ABNT – Associação Brasileira de Normas, Brasil, 2005

NORMA PORTUGUESA,NP ISO 14001, *Sistemas de gestão ambiental. Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização,* 2004

NP EN ISO 9001:2000 *Sistemas de gestão de qualidade, Requisitos,* 2000

OSHAS 18001, *Occupational health and safety management systems*, 2007

SALVADOR, S., *Inovação de Produtos Ecológicos em Cortiça. Projeto de termodinâmica Aplicada*, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2001

SOFALCA, Sociedade Central de Produtos de Cortiça, *Aglomerado de Cortiça Expandida – ICB (Insulation Cork Board) – Ficha Técnica*

VEIGA, M., *Revestimentos de isolamento térmico de fachadas com base em argamassas: comportamento e avaliação da qualidade*, Tektónica, Lisboa, 2010

7.3. SITES CONSULTADOS

http://akademia.comunicamos.org/cultura/quinta-do-portal-da-premio-a-siza-vieira, 07/06/2012

http://amigosdobotanico.blogspot.pt/2012/05/visita-da-lajb-ao-chalet-da-condessa.html,15/05/2012

http://biopale.fr/post/2011/08/22/le-li%C3%A8ge-Sp%C3%A9cial-Fa%C3%A7ade-%3A-La-solution-facile-%C3%A0-poser-originale-d-ITE-par-ALIECOR, 24/05/2012

http://marca-me.blogspot.pt/2010/10/xangai-2010-portugal-pavillion.html, 11/06/2012

http://naturlink.sapo.pt/Noticias/Noticias/content/Portugal-na-Exposicao-Universal-de-Hannover?viewall=true&print=true, 08/05/2012

http://pt.allmetsat.com/clima/portugal-espanha.php?code=08549, 13/05/2012

http://pt.allmetsat.com/clima/portugal-espanha.php?code=08568, 13/05/2012

http://pt.wikipedia.org/wiki/Penhas_Douradas, 08/05/2012

http://repositorio.lneg.pt/, 29/03/2012

http://suberlyme.com, 12/03/2012

http://tallerarquitecturalenguaje2-2011.blogspot.pt/2011/11/pabellon-de-portugal-expo-2000-hannover.html, 08/05/2012

http://tregor-maison-passive.over-blog.com/album-1816950.html, 21/05/2012

http://www.amorim.pt, 23/03/2012

http://www.apcor.pt, 23/03/2012

http://www.apcor.pt/userfiles/File/Estatisticas%20Sector%20da%20Cortica%202009.pdf, 12/03/2012

http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/posters/073%20Poster%20Barbara%20Amaro.pdf, 25/04/2012

http://www.archdaily.com.br/45002/adega-logowines-leonor-duarte-ferreira-miguel-passos-de-almeida-pmc-arquitectos/,06/06/2012

http://www.architonic.com/aisht/cork-house-arquitectos-anonimos-atelier-aa/5100782, 07/06/2012

http://www.arquitectosanonimos.com/#CORK-HOUSE, 02/06/2012

http://www.barbiniarquitectos.com/equipamentos_06.html, 07/06/2012

http://www.bcork.amorim.com/pt/constructive-solutions, 24/05/2012

http://www.casadaspenhasdouradas.pt/, 22/03/2012

http://www.inesdorey.com/index.php?/comissions/douro-industrial/, 07/06/2012

http://www.isocor.pt, 23/03/2012

http://www.kerakoll.com, 26/05/2012

http://www.lnec.pt, 23/03/2012

http://www.lnec.pt/qpe/dh/RELATORIO_ETICS_DEZ_2010.pdf, 07/05/2012

http://www.parquedeseintra.pt/chaletdacondessa, 15/05/2012

http://www.patorreb.com, 25/04/2012

http://www.publico.pt/cultura/expo-2010-arquitecto-satisfeito-e-honrado-com-premio-pavilhao-de-portugal_1463624, 15/05/2012

http://www.sofalca.pt, 13/04/2012

http://www.teprocil.com, 25/03/2012

http://www.weber.com.pt, 25/03/2012

http://youtu.be/gzpJ19b8OhQ, 14/03/2012

www.apfac.pt, 25/03/2012

www.barbot.pt, 25/03/2012

www.bcork.amorim.com, 24/05/2012

www.ejot.com, 16/04/2012

www.fassabortolo.pt, 02/04/2012

www.lena.pt, 02/04/2012

www.mapei.pt, 02/04/2012

www.panda.org, 24/03/2012

www.roefix.com, 25/03/2012